Aus der Frauenklinik der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr.med. K.-H. Wulf

HERZFREQUENZMUSTER UND MOTORISCHE AKTIVITÄT IN ABHÄNGIGKEIT VOM ZENTRALNERVÖSEN VERHALTENSZUSTAND BEIM NEUGEBORENEN UND FETEN

Inaugural-Dissertation
verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Rita Wollny
aus Elspe

Würzburg, den 12. Mai 1980

Aus der Frauenklinik der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr.med. K.-H. Wulf

HERZFREQUENZMUSTER UND MOTORISCHE AKTIVITÄT IN ABHÄNGIGKEIT VOM ZENTRALNERVÖSEN VERHALTENSZUSTAND BEIM NEUGEBORENEN UND FETEN

Inaugural-Dissertation
verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Rita Wollny
aus Elspe

Würzburg, den 12. Mai 1980

Referent:	Professor Dr.med. H.D. J u n g e
Korreferent:	Professor Dr.med. K.-H. W u l f
Dekan:	Professor Dr.med. K.-H. W u l f

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Juli 1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	EINLEITUNG	1
II.	MATERIAL UND METHODEN	5
III.	ERGEBNISSE	10
	A. VERHALTENSZUSTÄNDE BEIM NEUGEBORENEN	10
	1. Verhaltenszustände und zugehörige Herzfrequenzmuster	10
	2. Verteilung der Verhaltenszustände während 8stündiger Registrierung	12
	3. Dauer der Schlafzyklen und das Verhältnis von Zustand 1 und Zustand 2 innerhalb des Schlafzyklus	13
	4. Schlafzustände und motorische Aktivität	14
	5. Sonderfälle	15
	a. Periodische Atmung	15
	b. Respiratorische Arrhythmie	15
	B. VERHALTENSZUSTÄNDE BEIM FETEN	19
	1. Verhaltenszustände und zugehörige Herzfrequenzmuster	19
	2. Verteilung der Verhaltenszustände während 8stündiger Registrierung	19
	a. Feten Gruppe A	19
	b. Feten Gruppe B	23
	3. Dauer der Schlafzyklen und das Verhältnis von Zustand 1 und Zustand 2 innerhalb des Schlafzyklus	24
	4. Motorische Aktivität	24
	5. Sonderfälle	28
	C. ANENCEPHALIE	32
	D. COMPUTERANALYSE	32
IV.	DISKUSSION	40
V.	ZUSAMMENFASSUNG	46
	LITERATURVERZEICHNIS	I - V

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543520_0115

I. EINLEITUNG

Die perinatale Überwachung des Kindes hat durch die Entwicklung neuer diagnostischer Verfahren eine wesentliche Ausweitung erfahren. Sie geben dem Geburtshelfer die Möglichkeit, eine fetale Notsituation rechtzeitig zu erkennen und einer Therapie zugänglich zu machen. MARTIUS (13) nennt als wichtigste Ursache für die perinatale Mortalität die Hypoxie und Azidose mit einer Frequenz von etwa 40 %. Zum größten Teil sind diese Todesfälle plazentabedingt als Folge einer respiratorischen Plazentainsuffizienz oder einer vorzeitigen Lösung der Plazenta.

Die ante- und subpartale Intensivüberwachung setzt sich aus einer Kombination verschiedener Verfahren zusammen. Neben der Ultraschalldiagnostik ermöglichen sowohl die Hormonanalytik als auch die biochemische Untersuchung des Fruchtwassers und die intrapartale Fetalblutgasanalyse verläßliche Aussagen über den Zustand des Feten.

Nicht zuletzt nimmt die Kardiotokographie innerhalb dieser geburtshilflichen Untersuchungsverfahren einen hohen Stellenwert ein. Durch sie werden fetale Herzfrequenz (FHF) und Uterusmotilität gleichzeitig und kontinuierlich aufgezeichnet. Die Herzfrequenzmessung erfolgt durch die momentane Hochrechnung der Minutenfrequenz aufgrund des zeitlichen Abstandes zweier benachbarter Herzaktionen (beat-to-beat Prinzip), die kurvenmäßig aufgezeichnet wird.

Zur kontinuierlichen Herzfrequenzregistrierung stehen drei Prinzipien zur Verfügung:

Die PHONOKARDIOGRAPHIE erfolgt durch Aufnahme des fetalen Herzschalls von der mütterlichen Bauchdecke mit dafür ge-

eigneten Mikrophonen. Mit dieser Methode erzielt man ab der 25./26. Woche gute Ergebnisse in bezug auf die Kurvenqualität (21). Die Aufzeichnung durch Phonokardiographie wird jedoch bei Vorderwandplazenta, starken Kindsbewegungen und Adipositas der Patientin häufig gestört.

Die ULTRASONOKARDIOGRAPHIE beruht auf der Ausnutzung des Doppler-Effektes. Die Ultraschallwellen werden gezielt auf das fetale Herz gerichtet und an der sich bewegenden Herzwand als Grenzfläche reflektiert. Dabei wird die Frequenz verändert. Durch Umwandlung in elektrische Potentiale kann die Herzaktion registriert werden. Bei der routinemäßigen Überwachung der Schwangerschaft können ab der 24. Woche gute Ergebnisse erzielt werden (21). Die Registrierung mittels Ultrasonokardiographie kann sowohl durch Bewegungen der Mutter und des Kindes, als auch durch Wehentätigkeit gestört werden.

Bei der ELEKTROKARDIOGRAPHIE wird das fetale EKG mit Elektroden vom mütterlichen Abdomen abgeleitet. Als Signal für die Herzfrequenzregistrierung dient die fetale R-Zacke. Sie ist in den meisten Fällen von der 22. - 28. Woche und nach der 38. Woche für die Registrierung ausreichend groß. Die zwischenzeitliche Abnahme des R-Zacken-Potentials ist durch einen Isolierungseffekt der Vernix caseosa bedingt. Die technische Qualität der CTG's, abgeleitet über eine genügend hohe fetale R-Zacke im EKG, ist besser als die mittels Phonokardio- und Ultrasonokardiographie registrierten Kurven. Der Prozentsatz für schlechte und nicht auswertbare Kurven beträgt für die Phonokardiographie 22 %, für die Ultrasonokardiographie 25 % und für die Elektrokardiographie 13 % (21). Die kontinuierliche Registrierung der fetalen Herzfrequenz durch Elektrokardiographie ist weniger störanfällig für Kindsbewegungen, mütterliche Bewegungen und Wehen.

Die fetale Herzfrequenz ist durch das basale Frequenzniveau, die Makrofluktuation und Frequenzdeviationen gekennzeichnet.

Das basale Frequenzniveau entspricht dem über längere Zeit beibehaltenen Mittelwert der fetalen Herzfrequenz, wenn keine Deviationen vorliegen. Um diesen Wert schwankt die Frequenz. Die Schwankungen werden als Makrofluktuation bezeichnet. Sie sind gekennzeichnet durch Amplitude und Frequenz. Bei Hypoxie nehmen Amplitude und Frequenz ab und führen über ein eingeengtes zu einem silenten FHF-Muster (7).

Deviationen vom basalen Frequenzniveau treten in Form von Akzelerationen und Dezelerationen auf. Die Akzeleration ist eine kurzfristige Herzfrequenzbeschleunigung, die nach raschem Anstieg und vergleichbar schnellem Abfall zur Basalfrequenz zurückkehrt (3). Das Auftreten von Akzelerationen gilt als Reaktion des intakten Herzkreislaufsystems auf äußere und innere Reize und wird als Zeichen fetaler Anpassungsfähigkeit gewertet (11,12). Die Dezeleration ist eine kurzfristige FHF-Verlangsamung. Vom Grundfrequenzniveau fällt die FHF mehr oder weniger steil ab, um nach Erreichen eines Minimums unterschiedlich rasch zu ihm zurückzukehren (3). Man unterscheidet zwischen frühen Dezelerationen (Dip I), einem Abfall der Herzfrequenz mit dem Einsetzen der Wehe und Rückkehr zur Basalfrequenz mit Kontraktionsende, späten Dezelerationen (Dip II), einem Abfall der FHF nach Wehenbeginn und Rückkehr zur Basalfrequenz nach Kontraktionsende, und variablen Dezelerationen mit unterschiedlichem zeitlichen Zusammenhang zur Wehe. Die frühen Dezelerationen erklären sich durch einen Vagusreiz als Folge des Zervixdrucks auf den fetalen Kopf und haben somit keine pathologische Bedeutung. Dagegen sind die späten Dezelerationen ein wichtiges Zeichen für intrauterine Man-

geldurchblutung. Variable Dezelerationen beruhen in den meisten Fällen auf einer Nabelschnurkompression.

Durch die Kardiotokographie kann man den plazentaren Gasaustausch und damit die Sauerstoffversorgung des Feten kontrollieren. Dem intrauterinen Fruchttod durch Sauerstoffmangel gehen stets pathologische Herzfrequenzmuster im CTG voraus.

Um fetale Hypoxie rechtzeitig zu erkennen, ist es üblich, antepartale Kardiotokogramme über einen Zeitraum von 30 Minuten zu registrieren. Bei Schwangeren am Termin erfolgt die Aufzeichnung der fetalen Herzfrequenz in einem Abstand von 2 Tagen; bei stationären Patientinnen bis zu dreimal täglich. Als Zeichen für eine Hypoxie gilt die eingeengt undulatorische bis silente FHF. Dieses Muster wird aber auch im Zusammenhang mit fetalen Ruhephasen beobachtet (5,12,19). Ein 30minütiges Kardiotokogramm läßt folglich keine eindeutige Unterscheidung zwischen physiologischen Herzfrequenzmustern während fetaler Ruhe und pathologischen Herzfrequenzmustern als Ausdruck einer fetalen Hypoxie zu. Um eine bessere Abgrenzung zu ermöglichen, sollen in vorliegender Arbeit durch Langzeitregistrierungen fetaler Herzfrequenzkurven zeitliche Folge und Dauer dieser Ruhephasen näher untersucht und für die Herzfrequenzmuster repräsentative Werte für Amplitude und Frequenz der Makrofluktuation berechnet werden. Es sollen beim menschlichen Feten Verhaltenszustände definiert werden, wie sie für Neugeborene (1,4,6,8,15), Frühgeborene (16) und Schaffeten (2,9,14,20) bereits bekannt sind. Da eine direkte Beobachtung des Feten unmöglich ist, wird im Vergleich mit Polygrammen Neugeborener nach einer Beziehung zwischen zentralnervöser Koordination (Verhaltenszustände) und Makrofluktuationsmuster der Herzfrequenz gesucht, um somit indirekt fetale Verhaltenszustände im Kardiotokogramm zu erkennen.

II. MATERIAL UND METHODEN

Für diese Untersuchung wurden 18 Patientinnen in der Spätschwangerschaft (vgl. Tab. 1) ausgewählt, die sich in stationärer Behandlung der Universitäts-Frauenklinik Würzburg befanden und folgende Kriterien erfüllten: Sie mußten entweder einen normalen Schwangerschaftsablauf aufweisen oder durften zumindest zum Zeitpunkt der Registrierung keine pathologischen Veränderungen zeigen. Außerdem konnten nur solche Fälle herangezogen werden, bei denen eine Ableitung des abdominalen fetalen EKGs gelang, um eine störungsfreie Registrierung der fetalen Herzfrequenzkurve zu gewährleisten. 6 Patientinnen hatten eine EH-Gestose, die infolge Behandlung symptomlos war. 9 Patientinnen waren wegen Terminüberschreitung, eine wegen vorausgegangener Sectio caesarea und eine wegen Verdachts auf Zervixinsuffizienz in stationärer Behandlung. Bei zwei Patientinnen war ein Anencephalus diagnostiziert.

TABELLE 1

FALL NR	GRUPPE	INITIALEN	ALTER	PARA	SCHWANGERSCHAFTS-ANAMNESE	MEDIKAMENTE	OEPTIROL MIN/MAX	ALTER (WOCHEN) DIAGNOSE/GEBURT	MODUS	♂♀	GEWICHT/ LÄNGE	APGAR	NABEL-ARTERIEN-BLUT pHo RKo	PLAZENTA-GEWICHT	ZEITPUNKT DER REGISTRIERUNG (GESTATIONSALTER) DER FRUCHT	TAGE VOR DER GEBURT	ZEITPUNKT DER BLUTENTNAHME (GESTATIONS-ALTER IN TAGEN)	BYPER-BILIRUBINÄMIE (TAGE)
001	B	J.W.	25	I	ÜBERTRAGUNG	./.	8.7- 9.0	42/4	SP	♂	4000/54	8/10/10	./.	./.	42/4	<1	5	
002	A	K.W	24	II	VERDACHT AUF ZERVIX-INSUFFIZIENZ	./	6.1-19.6	42/4	SP	♂	3050/49	9/10/10	7.12/-20.7	510	39/4	21	7	
003	A	M.B.	25	II	VORAUSGEGANGENE SECTIO	./.	./	41/4	C S	♀	3630/52	9/10/10	7.23/- 9.5	./.	41/3	1	13	
004	A	B.V.	19	I	ÜBERTRAGUNG	./.	./.	41/4	SP	♀	3980/47	9/10/10	./.	./.	41/3	1	5	2-4
005	A	B.M.	23	II	ÜBERTRAGUNG	./.	28.3	41/5	SP	♀	3970/51	8/ 9/10	7.34/- 9.1	755	41/4	1	7	
006	A	E.B.	26	I	ÜBERTRAGUNG	./.	./.	41/4	SP	♂	3080/48	9/10/10	7.28/- 8.2	450	41/2	2	5	
007	A	V.L.	31	II	LEICHTE EH-GESTOSE	DIURETIKA	5.2-18.7	42/2	SP	♀	3450/48	8/ 9/10	7.23/-10.4	580	41/4	5	5	3-4
008	A	G.K.	19	I	LEICHTE EH-GESTOSE	DIURETIKA	10.3-14.1	41/1	VE	♀	3380/48	8/ 9/10	7.26/-10.2	./.	39/4	9	4	3-5 LICHTTHERAPIE
009	B	B.ST.	24	I	ÜBERTRAGUNG	./	13.0-17.1	42/2	C.S.	♀	3400/49	9/10/10	7.11/-14.4	600	41/7	2	5	
010	B	M.B.	29	II	ÜBERTRAGUNG	./.	15.5	42/1	SP	♀	3040/47	9/10/10	7.26/-10.9	540	41/7	1	5	
011	A	A.W.	28	II	LEICHTE EH-GESTOSE	DIURETIKA	11.7-23.8	40/7	SP	♀	3950/52	9/10/10	7.22/- 6.3	./.	38/2	19	6	
012	B	B.T.	22	I	ÜBERTRAGUNG	./.	10.1-15.2	42/5	VE	♂	3880/53	9/10/10	7.25/- 8.8	550	42/3	2	5	3
013	A	M.Ö.	23	I	LEICHTE EH-GESTOSE	DIURETIKA	7.5-19.5	40/5	SP	♀	3900/53	9/10/10	7.26/-10.7	650	39/3	9	5	
014	C	I.ST.	27	I	ANENCEPHALUS	./.	/	39/2	SP		2380/44		./.	400	36/2	./.	./.	
015	C	L.G.	25	II	ANENCEPHALUS	./.	./	23/6	SP		420/27		./.	./.	23/1	./.	./.	
016	B	E.B.	27	I	LEICHTE EH-GESTOSE, ÜBERTRAGUNG	./.	./	42/4	C S	♂	3810/51	3/10/10	7.08/-14.0	490	42/1	3	6	
017	A	R.O.	24	I	LEICHTE EH-GESTOSE	./.	11.2 21.8	38/5	SP	♀	2840/48	10/10/10	7.30/- 8.6	500	37/4	8	5	2-4
018	B	H.G	23	I	ÜBERTRAGUNG	./.	8.5-22.5	42/4	VE	♀	3730/52	9/10/10	7.35/- 5.2	570	42/4	1	7	

Da bei Übertragungen häufig mit einer Hypoxie zu rechnen ist, wurden die Feten in zwei Gruppen eingeteilt:

Gruppe A: Feten, die zum Zeitpunkt der Untersuchung ein Gestationsalter*) von nicht mehr als 42 Wochen erreicht haben.

Gruppe B: Feten, deren Gestationsalter zum Zeitpunkt der Untersuchung mindestens 42 Wochen beträgt.

Bei jeder Schwangeren wurde ein Kardiotokogramm über einen Zeitraum von 8 Stunden registriert. Die Aufzeichnung erfolgte im Liegen, wobei die Patientinnen die jeweilige Lagerung selbst bestimmen konnten. Zur Registrierung der fetalen Herzfrequenzkurve mittels Elektrokardiographie wurde der Kardiotokograph HEWLETT-PACKARD 8021 A verwandt. Die Papiergeschwindigkeit betrug 1 cm/min. Gleichzeitig speicherte ein Analogbandspeicher (AMPEX PR 2200) die abgeleiteten Signale zur weiteren Analyse auf Magnetband. Die Schwangeren wurden aufgefordert, jede fetale Bewegung, die sie verspürten, durch Druck auf einen Signalknopf zu markieren. Diese angegebenen Bewegungen konnten ebenfalls auf Analogband festgehalten und somit der Herzfrequenzkurve zeitlich zugeordnet werden.

Postpartal wurde bei denselben Kindern eine einmalige 8-stündige Herzfrequenzregistrierung durchgeführt. Das Alter der Neugeborenen betrug zum Zeitpunkt der Registrierung 4 - 13 Tage. Die Untersuchung geschah frühestens am 4. Tag post partum, nachdem sich eine zentralnervöse und kardiovaskuläre Homöostase eingestellt hatte und kein Einfluß der intrapartalen Medikation mehr vorhanden war. Zu diesem Zweck wurden die Kinder nach dem abendlichen Füttern in der Regel gegen 21 Uhr in einen Inkubator mit

---

*) Der Berechnung des Gestationsalters wird die letzte Menstruation vor Eintritt der Gravidität zugrunde gelegt.

einer Temperatur von 32°C und einer relativen Feuchtigkeit von 55 % gelegt. Während der Aufzeichnung, die in einem halbverdunkelten Raum erfolgte, waren alle Kinder locker gewickelt und lagen auf dem Rücken. Bei zweimaligem Füttern in der Nacht wurde die Ableitung nicht unterbrochen.

Die Herzfrequenzregistrierung erfolgte wie bei den Feten über das Elektrokardiogramm diesmal durch direkte Brustwandableitung mittels eines Kardiotokographen HEWLETT-PACKARD 8021 A. Gleichzeitig wurde die kindliche Atmung mit Hilfe der Impedanzpneumographie aufgezeichnet. Die Signale wurden wiederum zur weiteren Analyse auf Analogband gespeichert. Um die motorische Aktivität der Neugeborenen zu erfassen und die einzelnen Verhaltenszustände zu bestimmen, wurden die Kinder während der gesamten Untersuchung beobachtet. Jede Bewegung wurde einzeln auf der Herzfrequenzkurve vermerkt. Bei der Bestimmung der Schlafzustände orientierte sich der Beobachter an dem von PRECHTL (8) angegebenen Schema:

Zustand 1: Augen geschlossen, keine schnellen Augenbewegungen, regelmäßige Atmung, außer 'startles' keine Bewegungen

Zustand 2: Augen geschlossen, schnelle Augenbewegungen, unregelmäßige Atmung, keine groben Bewegungen

Zustand 2/4: Augen geschlossen, grobe Bewegungen

Zustand 3: Augen geöffnet, keine groben Bewegungen

Zustand 4: Augen geöffnet, grobe Bewegungen

Zustand 5: Augen geschlossen oder geöffnet, grobe Bewegungen

Der Zustand 1 wird als NREM-, der Zustand 2 als REM-Schlaf bezeichnet. Der Begriff 'startle' ist definiert als 'eine

plötzlich auftretende phasische Muskelaktivität, gelegentlich gefolgt von ununterbrochener tonischer Aktivität in einzelnen Muskelgruppen' (8).

Nach jeder Registrierung wurde mit Hilfe der Analogbandspeicherung eine zeitlich geraffte Darstellung der 8-stündigen Herzfrequenzregistrierung aufgezeichnet. Ein Computer (HEWLETT-PACKARD Model 9830 A Minicomputer) berechnete für jedes Minutensegment die Werte für basales Frequenzniveau sowie für Amplitude und Frequenz der Makrofluktuation.

Zunächst wurden Verhaltenszustände beim Neugeborenen bestimmt durch kombinierte Auswertung von Originalherzfrequenzkurve, zeitlich geraffter Darstellung der Herzfrequenzkurve mit der dazugehörigen Atmung, Beobachtungsprotokoll und Computerauswertung. Aufgrund all dieser Daten war es möglich, die Verhaltenszustände 1 (NREM-Schlaf) und 2 (REM-Schlaf) zu bestimmen. Die Zustände 3 - 5 wurden als Wachzustand zusammengefaßt, da sie beim Feten im einzelnen nicht unterschieden werden konnten. Jeweils eine REM- und eine NREM-Phase wurden zu einem Schlafzyklus zusammengefaßt, wobei jede dieser Phasen mindestens 3 Minuten dauerte. Die Analyse der Schlafzyklen begann beim ersten Wechsel von einem Schlafzustand in einen anderen (REM in NREM oder umgekehrt).

In den Neugeborenenkurven zeigten sich charakteristische Herzfrequenzmuster für jeden einzelnen Verhaltenszustand. Auch in den fetalen Kurven konnten Herzfrequenzabschnitte bestimmt werden, die vergleichbar mit der Herzfrequenz der Neugeborenen im Zustand 1, 2 und 3 - 5 waren. Zur Auswertung standen auch diesmal neben der Originalkurve die geraffte Darstellung der fetalen Herzfrequenz mit den angegebenen Kindsbewegungen und die vom Computer berechneten Minutenwerte für basales Frequenzniveau sowie Amplitude und Frequenz der Makrofluktuation zur Verfügung.

Die Kardiotokogramme der Anencephalie gingen nicht in die Auswertung ein, da diese CTGs Muster aufwiesen, die mit denen der übrigen Herzfrequenzkurven nicht vergleichbar waren.

III. ERGEBNISSE

A. VERHALTENSZUSTÄNDE BEIM NEUGEBORENEN

1. Verhaltenszustände und zugehörige Herzfrequenzmuster

Wie aus der zeitlich gerafften Darstellung einer Langzeitregistrierung in Abb. 1 deutlich wird, zeigen Neugeborene einen periodischen Wechsel zwischen bestimmten Herzfrequenz- und Atmungsmustern. Aus dem Beobachtungsprotokoll wird ersichtlich, daß jedem dieser Muster ein zentralnervöser Verhaltenszustand zugeordnet werden kann.

Im Zustand 1 (NREM-Schlaf) findet sich eine regelmäßige Herzfrequenz mit einem stabilen basalen Frequenzniveau, während sie im Zustand 2 (REM-Schlaf) größere Schwankungen zeigt und auch die Basalfrequenz instabiler wird.

Die Amplitude der Makrofluktuation ist während NREM-Phasen niedriger als in REM-Phasen. Dagegen nimmt die Frequenz der Makrofluktuation im Zustand 1 leicht höhere Werte an als im Zustand 2.

Im NREM-Schlaf treten außer Akzelerationen im Zusammenhang mit 'startles' keinerlei Herzfrequenzdeviationen auf. Im Gegensatz dazu werden im REM-Schlaf gehäuft Akzelerationen verbunden mit kindlichen Bewegungen beobachtet. Dieses Ereignis wird als Zustand 2/4 bezeichnet.

Die Atmung ist im Zustand 1 niederfrequent und regelmäßig, im Zustand 2 unregelmäßig.

Das Herzfrequenzmuster im Zustand 3 - 5 zeigt rasch aufeinanderfolgende hochamplitudige Akzelerationen, bedingt durch kindliche Massenbewegungen. Ein basales Frequenz-

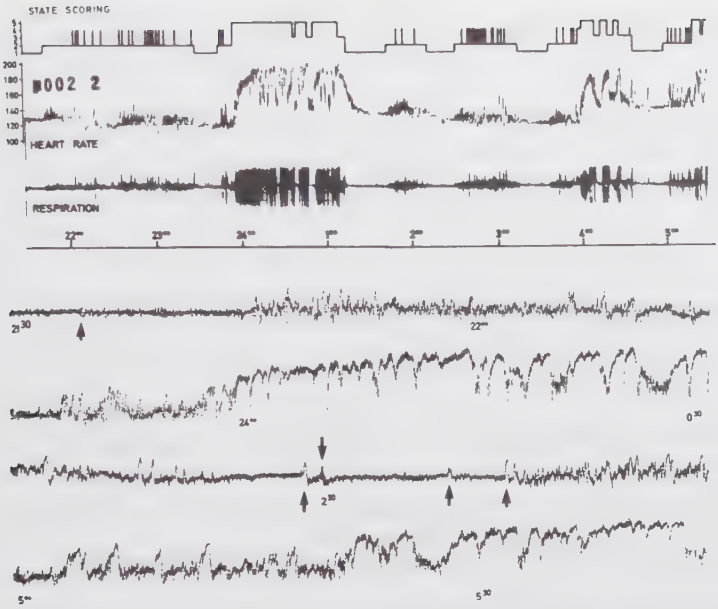

Abb. 1 oben: zeitlich geraffte Darstellung einer 8-stündigen Herzfrequenzregistrierung beim Neugeborenen mit gleichzeitiger Aufzeichnung der Atmung und Markierung sowohl der Verhaltenszustände als auch der kindlichen Bewegungen.

unten: Ausschnitte aus der Originalkurve der Herzfrequenz desselben Kindes (4 x 45 min; Papiergeschwindigkeit: 1 cm/min). Die Pfeile kennzeichnen Akzelerationen im Zusammenhang mit 'startles' im Verhaltenszustand 1

niveau läßt sich nicht erkennen. Während Schreiphasen zeigt die Herzfrequenzkurve eine fast geradlinige Tachykardie.

2. Verteilung der Verhaltenszustände während 8 stündiger Registrierung

Tabelle 2 enthält für sämtliche 16 beobachtete Neugeborene die absolute und relative Dauer der einzelnen Verhaltenszustände. Mittelwerte aus allen Daten ergeben, daß die Kinder etwas mehr als die Hälfte der Zeit im Zustand 2, ein Fünftel der Zeit im Zustand 1 und etwa ein Viertel der Zeit im Zustand 3 - 5 verbringen. Für die gesamte Schlafdauer errechnet sich daraus ein Wert von nahezu 80 %. Davon entfallen 26.6 % auf Schlafzustand 1, also den NREM-Schlaf.

Diese Ergebnisse stimmen mit denen von PRECHTL (8) überein, der für Neugeborene eine mittlere Schlafdauer von 71 - 83 % angibt. Davon entfallen 75 % auf den Schlafzustand 2 und 25 % auf den Schlafzustand 1.

Tabelle 2 VERTEILUNG DER VERHALTENSZUSTÄNDE WÄHREND 8-STÜNDIGER REGISTRIERUNG NEUGEBORENE

FALL NR	ZUSTAND 1	ZUSTAND 2	ZUSTAND 3-5	GESAMTE SCHLAFDAUER	ZUSTAND 1 INNERHALB DER GESAMTEN SCHLAFDAUER
002	113 min (23.5 %)	231 min (48.1 %)	136 min (28.3 %)	344 min (71.6 %)	32.8 %
003	69 min (14.3 %)	158 min (32.9 %)	253 min (52.7 %)	227 min (47.2 %)	30.3 %
004	140 min (29.1 %)	210 min (43.7 %)	130 min (43.7 %)	350 min (72.9 %)	40.0 %
006	43 min (8.9 %)	240 min (50.0 %)	197 min (41.0 %)	283 min (58.9 %)	15.1 %
007	113 min (23.5 %)	292 min (60.8 %)	75 min (15.6 %)	406 min (84.5 %)	27.9 %
008	94 min (19.5 %)	318 min (66.2 %)	68 min (14.1 %)	412 min (85.8 %)	22.8 %
009	124 min (25.8 %)	274 min (57.0 %)	82 min (17.0 %)	398 min (82.9 %)	31.1 %
010	66 min (13.7 %)	296 min (61.5 %)	118 min (24.5 %)	362 min (75.4 %)	18.2 %
011	73 min (15.2 %)	363 min (75.6 %)	44 min (9.1 %)	436 min (90.8 %)	16.7 %
012	95 min (19.7 %)	359 min (74.7 %)	26 min (5.4 %)	454 min (94.5 %)	20.9 %
013	117 min (24.3 %)	293 min (61.0 %)	70 min (14.5 %)	410 min (85.4 %)	28.5 %
016	90 min (18.7 %)	202 min (42.0 %)	188 min (39.1 %)	292 min (60.8 %)	30.8 %
017	135 min (28.1 %)	315 min (65.6 %)	30 min (6.2 %)	450 min (93.7 %)	30.0 %
018	106 min (22.0 %)	242 min (50.4 %)	132 min (27.5 %)	348 min (72.5 %)	30.4 %
INSGESAMT	1378 min (20.5 %)	3793 min (56.4 %)	1549 min (23.0 %)	5172 min (76.9 %)	26.6 %

3. Dauer der Schlafzyklen und das Verhältnis von Zustand 1 und Zustand 2 innerhalb des Schlafzyklus

Für die Dauer eines Schlafzyklus (s. Tab. 3) wird aus 64 ausgewerteten Zyklen ein Mittelwert von 61.9 min ± 30.2 berechnet. Davon entfallen etwa 30 % auf Zustand 1 und 70 % auf Zustand 2.

Die Werte stimmen auch hier mit der Literatur überein (8,27,29), in der Werte von 45 min bis zu 2 Stunden für einen Schlafzyklus, 10 bis 20 min für eine NREM-Phase und 20 bis 45 min für eine REM-Phase angegeben werden.

TABELLE 3 DAUER DER SCHLAFZYKLEN, ABSOLUTE UND RELATIVE DAUER VON ZUSTAND 1 UND ZUSTAND 2 INNERHALB DES SCHLAFZYKLUS

NEUGEBORENE

FALL NR	ANZAHL AUSGEWERTETER SCHLAFZYKLEN	MINIMALE DAUER DER SCHLAFZYKLEN	MAXIMALE DAUER DER SCHLAFZYKLEN	MITTLERE DAUER DER SCHLAFZYKLEN	MINIMALE DAUER VON ZUSTAND 1	MAXIMALE DAUER VON ZUSTAND 1	MITTLERE DAUER VON ZUSTAND 1 (% DES ZYKLUS)	MINIMALE DAUER VON ZUSTAND 2	MAXIMALE DAUER VON ZUSTAND 2	MITTLERE DAUER VON ZUSTAND 2 (% DES ZYKLUS)
002	5	36 min	123 min	64.0 min	17 min	24 min	19.6 min (36.4 %)	21 min	105 min	44.4 min (63.5 %)
003	3	49 min	65 min	59.6 min	10 min	19 min	15.3 min (26.9 %)	30 min	55 min	44.0 min (73.0 %)
004	5	36 min	69 min	56.6 min	10 min	44 min	27.2 min (45.8 %)	25 min	35 min	29.4 min (54.1 %)
006	4	27 min	78 min	59.2 min	9 min	15 min	10.7 min (21.4 %)	17 min	69 min	48.5 min (78.5 %)
007	4	45 min	185 min	86.5 min	17 min	34 min	24.2 min (37.3 %)	22 min	162 min	62.2 min (62.7 %)
008	5	46 min	104 min	66.6 min	7 min	25 min	18.0 min (29.3 %)	21 min	80 min	48.6 min (70.6 %)
009	6	41 min	86 min	59.5 min	17 min	24 min	20.6 min (35.8 %)	24 min	62 min	38.8 min (64.1 %)
010	5	23 min	120 min	55.4 min	5 min	25 min	13.2 min (31.3 %)	11 min	111 min	42.2 min (68.6 %)
011	4	38 min	138 min	81.5 min	6 min	24 min	18.2 min (23.2 %)	32 min	117 min	63.2 min (76.7 %)
012	3	32 min	117 min	87.6 min	16 min	31 min	22.6 min (31.7 %)	16 min	96 min	65.0 min (68.2 %)
013	6	32 min	78 min	50.5 min	9 min	25 min	19.5 min (43.2 %)	10 min	56 min	31.0 min (56.6 %)
016	2	28 min	43 min	35.5 min	5 min	26 min	15.5 min (39.1 %)	17 min	23 min	20.0 min (60.8 %)
017	5	37 min	91 min	67.4 min	12 min	26 min	19.2 min (24.0 %)	16 min	75 min	48.2 min (71.5 %)
018	7	16 min	94 min	47.4 min	10 min	24 min	15.1 min (37.5 %)	6 min	74 min	32.2 min (62.3 %)
	INSGESAMT 64			GEWICHTETER MITTELWERT 61.9 min SD:30.2			GEWICHTETER MITTELWERT 18.5 min (29.8 %) SD:7.5			GEWICHTETER MITTELWERT 43.2 min (69.9 %) SD:29.2

4. Schlafzustände und motorische Aktivität

Die motorische Aktivität der Neugeborenen ist im Schlafzustand 1 und im Schlafzustand 2 unterschiedlich. Während die Kinder im Zustand 1 ruhig daliegen und außer gelegentlichen 'startles' keinerlei Bewegungen zeigen, ist der Zustand 2 durch eine stärkere Motorik charakterisiert. Während dieses REM-Schlafs können leichte Bewegungen der mimischen Muskulatur, leichte Bewegungen der Extremitäten bis hin zu Massenbewegungen jedesmal zusammen mit einer Akzeleration in der Herzfrequenzkurve beobachtet werden.

Tabelle 4 enthält eine Aufstellung über die motorische Aktivität innerhalb der einzelnen Schlafzustände. Die Anzahl der Bewegungen ist im Zustand 2 signifikant höher als im Zustand 1 (Wilcoxon Test). Es besteht in etwa ein Verhältnis von 3 : 1.

Tabelle 4 VERHÄLTNIS ZWISCHEN SCHLAFSTADIUM UND MOTORISCHER AKTIVITÄT (ANZAHL DER BEWEGUNGEN)

NEUGEBORENE

FALL NR	ANZAHL AUSGEWERTETER SCHLAFZYKLEN	GESAMTDAUER AUSGEWERTETER SCHLAFZYKLEN	GESAMTZAHL DER BEWEGUNGEN	GESAMTDAUER AUSGEWERTETER ZUSTÄNDE 1	ANZAHL DER BEWEGUNGEN IM ZUSTAND 1	GESAMTDAUER AUSGEWERTETER ZUSTÄNDE 2	ANZAHL DER BEWEGUNGEN IM ZUSTAND 2	QUOTIENT: BEW.IM ZUST.1/ DAUER DES ZUST.1	QUOTIENT: BEW.IM ZUST.2/ DAUER DES ZUST.2
002	5	320 min	103	98 min	11	222 min	92	.112	.414
003	3	178 min	83	46 min	5	132 min	78	.108	.590
004	5	238 min	59	136 min	9	147 min	50	.066	.340
006	4	237 min	81	43 min	9	194 min	72	.209	.371
007	4	346 min	147	97 min	7	249 min	140	.072	.562
008	5	333 min	132	90 min	2	243 min	130	.022	.534
009	6	357 min	120	124 min	24	233 min	96	.193	.412
010	5	277 min	73	66 min	6	211 min	67	.090	.317
011	4	326 min	145	73 min	10	253 min	135	.136	.533
012	3	263 min	46	68 min	3	195 min	43	.044	.220
013	6	303 min	88	117 min	29	186 min	59	.247	.317
016	2	71 min	17	31 min	9	40 min	8	.290	.200
017	5	337 min	87	96 min	9	241 min	78	.093	.323
018	7	332 min	92	106 min	14	226 min	78	.132	.345
								MITTELWERT .129	MITTELWERT .391

5. Sonderfälle

a. Periodische Atmung

Abb. 2 zeigt die Herzfrequenzkurve eines Neugeborenen (017), registriert am 5. Tag post partum. Der Schwangerschaftsverlauf war unauffällig, der Spontanpartus erfolgte jedoch bereits in der 38. Schwangerschaftswoche. Außer Unreifezeichen wie das Vorhandensein von Vernix caseosa wies das Neugeborene keinerlei Besonderheiten auf. Während der Registrierung wird im Verhaltenszustand 1 stellenweise eine periodische Atmung beobachtet. Die dazugehörige Herfrequenz bietet ein für den Zustand 1 untypisches Muster (Abb. 3). Die Amplitude der Makrofluktuation ist ungewöhnlich groß, die Herzfrequenzschwankungen sind sehr gleichmäßig und zeigen einen sinusförmigen Verlauf. Sobald die Atmung regelmäßig wird, erscheint das für den Zustand 1 charakteristische Herzfrequenzmuster mit niedriger Amplitude der Makrofluktuation. Die periodische Atmung kann in diesem Fall auf die Unreife zurückgeführt werden (17).

Auffällig ist weiterhin, daß im Zustand 1 außer 'startles' auch andere Bewegungen der Extremitäten beobachtet werden. Außerdem bleibt die basale Herzfrequenz nicht wie gewohnt über die Dauer der NREM-Phase konstant, sondern läßt häufig Sprünge im Frequenzniveau erkennen. Der Verhaltenszustand 1 tritt zwar im regelmäßigen Wechsel mit REM-Schlaf auf, ist aber viel störanfälliger als bei den reifen Neugeborenen.

b. Respiratorische Arrhythmie

Abb. 6 zeigt bei einem 5 Tage alten Neugeborenen (007) im Verhaltenszustand 1 eine Synchronizität von Atemrhythmus und Herzfrequenzschwankungen. Während der Inspiration

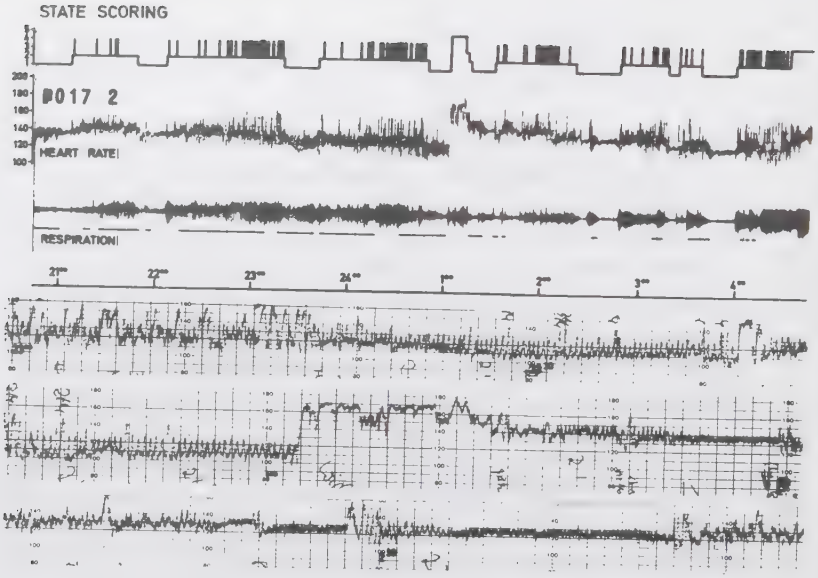

Abb. 2 oben: zeitlich geraffte Darstellung der 8-stündigen Herzfrequenz- und Atemregistrierung mit gleichzeitiger Markierung der Verhaltenszustände und der kindlichen Bewegungen bei einem Neugeborenen mit periodischer Atmung

unten: Ausschnitte aus der Originalkurve der Herzfrequenz desselben Kindes (3 x 45 min; Papiergeschwindigkeit: 1 cm/min)

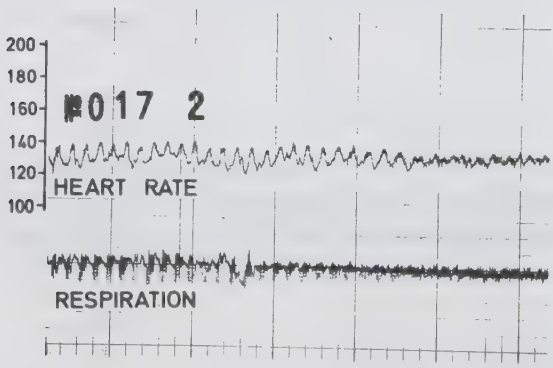

Abb. 3:
10 Minuten-Ausschnitt aus einem Verhaltenszustand 1 derselben Herzfrequenzkurve wie in Abb. 2 Die anfänglich periodische Atmung wird regelmäßig; gleichzeitig geht das sinusoidale Makrofluktuationsmuster in ein für den Zustand 1 typisches Makrofluktuationsmuster über.

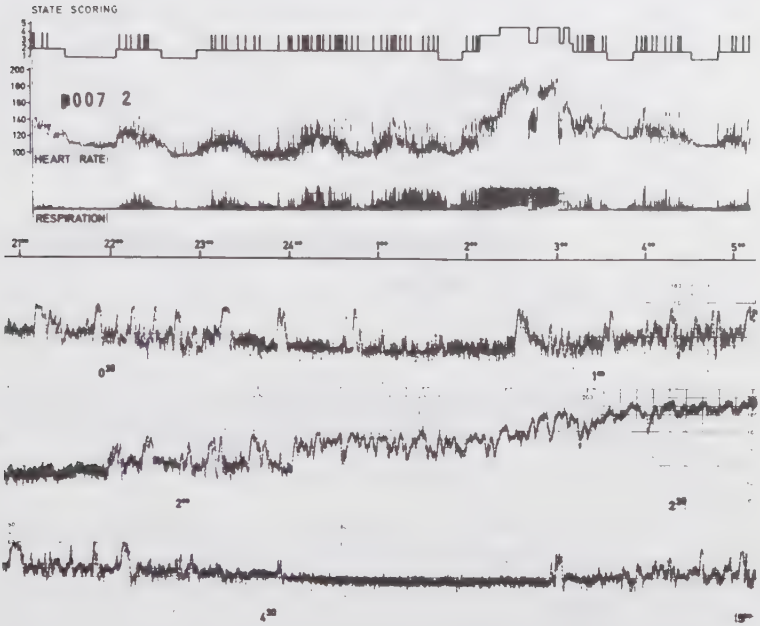

Abb. 4 oben: zeitlich geraffte Darstellung der 8-stündigen Herzfrequenz- und Atemregistrierung mit gleichzeitiger Markierung der Verhaltenszustände und der kindlichen Bewegungen bei einem Neugeborenen mit respiratorischer Arrhythmie

unten: Ausschnitte aus der Originalkurve der Herzfrequenz desselben Kindes (3 x 45 min; Papiergeschwindigkeit: 1 cm/min)

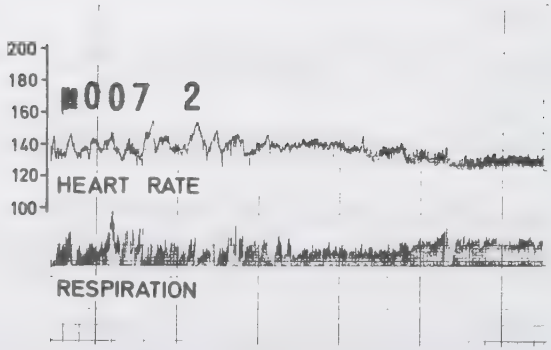

Abb. 5: Übergang von Verhaltenszustand 2 in Verhaltenszustand 1; dieselbe Herzfrequenzkurve wie in Abb. 4 (10 Minuten-Ausschnitt)

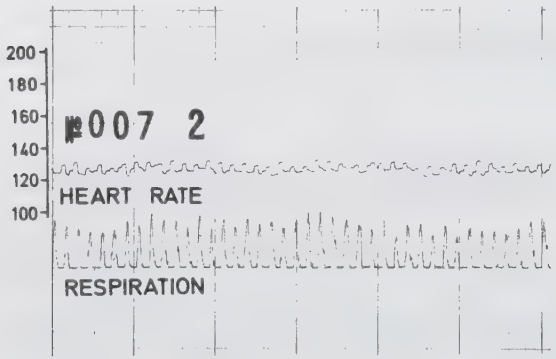

Abb. 6: Ausschnitt aus dem Verhaltenszustand 1 der Abb. 5, aufgezeichnet mit größerer Papiergeschwindigkeit (60 sec-Ausschnitt) Respiratorische Arrhythmie im Verhaltenszustand 1

nimmt die Herzfrequenz zu, während der Expiration ab. Dieses Phänomen ist bei 3 von 16 Neugeborenen bei sonst normalem Kurvenverlauf zu beobachten. Es handelt sich hierbei um eine respiratorische Arrhythmie, die physiologischerweise häufig bei Kindern und Jugendlichen beobachtet wird und auch bei Neugeborenen keine Seltenheit ist (26).

B. VERHALTENSZUSTÄNDE BEIM FETEN

1. Verhaltenszustände und zugehörige Herzfrequenzmuster

Ein Vergleich zwischen Herzfrequenzkurven Neugeborener und Feten läßt einen zyklischen Wechsel der Herzfrequenzmuster auch im Kardiotokogramm erkennen.

Für Feten der Gruppe A (vgl. Abb. 7) wird ein periodischer Wechsel sichtbar zwischen Herzfrequenzmustern, die vergleichbar mit denen der Neugeborenen im Zustand 1 und Zustand 2 sind. Muster, die dem Wachzustand beim Neugeborenen entsprechen, werden beim Feten vor und am Termin in der Regel nicht beobachtet.

Bei Feten der Gruppe B treten neben Herzfrequenzmustern der Zustände 1 und 2 auch regelmäßig Muster des Zustands 3 - 5 auf. Abb. 11 zeigt ein Beispiel für den typischen Kurvenverlauf beim postmaturen Feten.

2. Verteilung der Verhaltenszustände während 8 stündiger Registrierung

a. Feten Gruppe A

Die in Tabelle 5 aufgeführten Werte wurden aus der 8 - stündigen Dauerüberwachung von 10 Feten ermittelt; ihr

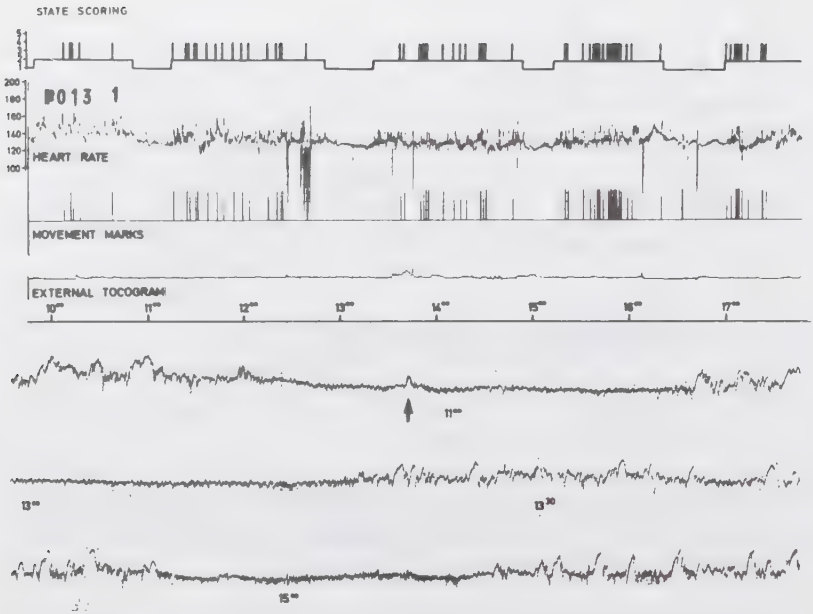

Abb. 7 <u>oben:</u> zeitlich geraffte Darstellung einer 8-stündigen fetalen Herzfrequenzregistrierung mit gleichzeitiger Markierung sowohl der Verhaltenszustände als auch der fetalen Bewegungen

<u>unten:</u> Ausschnitte aus der Originalkurve der Herzfrequenz desselben Feten (3 x 45 min; Papiergeschwindigkeit: 1 cm/min)

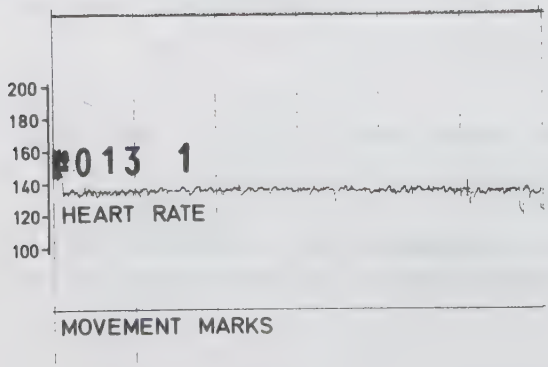

Abb. 8: fetale Herzfrequenz im Verhaltenszustand 1; dieselbe Kurve wie in Abb. 7 10 Minuten-Ausschnitt

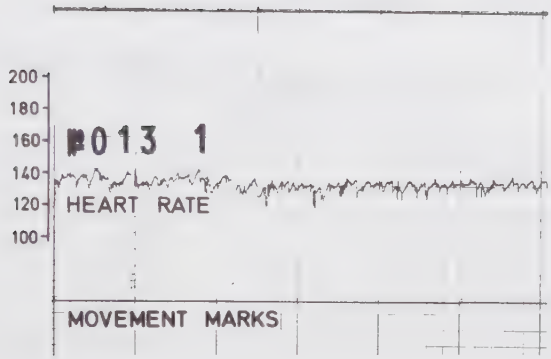

Abb. 9: fetale Herzfrequenz im Verhaltenszustand 2 ohne Akzelerationen und ohne fetale Bewegungen; dieselbe Kurve wie in Abb. 7
10 Minuten-Ausschnitt

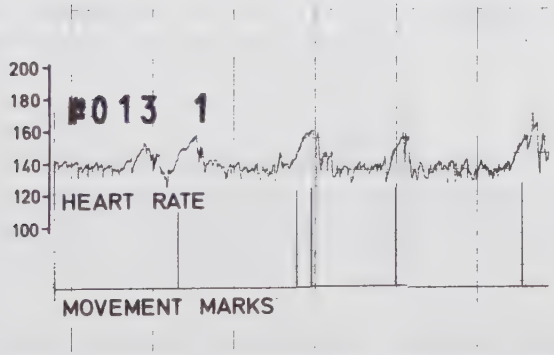

Abb. 10: fetale Herzfrequenz im Verhaltenszustand 2 mit Akzelerationen und gleichzeitigen fetalen Bewegungen; dieselbe Kurve wie in Abb. 7
10 Minuten-Ausschnitt

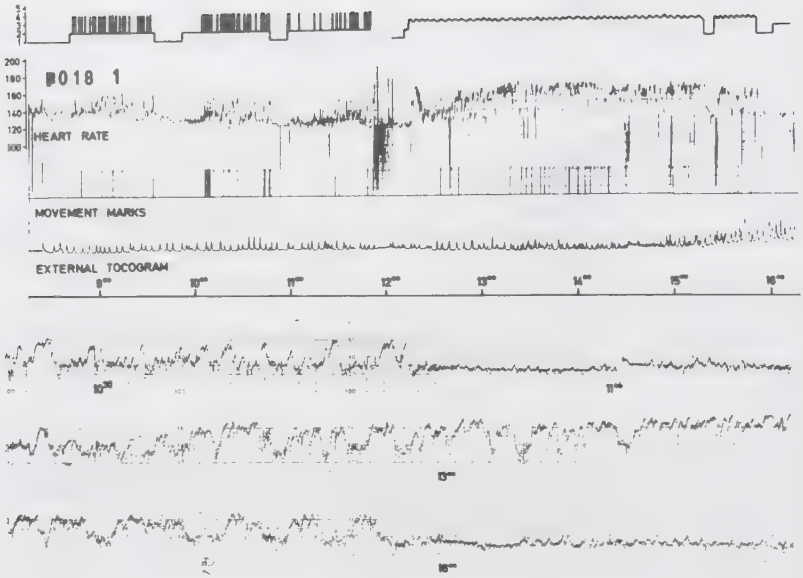

Abb. 11 oben: zeitlich geraffte Darstellung der 8-stündigen Herzfrequenzregistrierung mit gleichzeitiger Markierung sowohl der Verhaltenszustände als auch der fetalen Bewegungen bei einem Feten in der 42. Schwangerschaftswoche Auffällig ist die 3 1/2stündige Dauer des Verhaltenszustands 3 - 5

unten: Ausschnitte aus der Originalkurve der Herzfrequenz desselben Feten (3 x 45 min; Papiergeschwindigkeit: 1 cm/min)

Gestationsalter betrug zu dem Zeitpunkt 36/4 - 40/4 Wochen.

Von der gesamten Registrierdauer entfallen etwa 25 % auf den Verhaltenszustand 1; circa 70 % seiner Zeit verbringt der Fet im Zustand 2. Ein dem Wachsein beim Neugeborenen entsprechendes Herzfrequenzmuster tritt nur in 1.2 % der

Tabelle 5 VERTEILUNG DER VERHALTENSZUSTÄNDE WÄHREND 8-STÜNDIGER REGISTRIERUNG FETEN GRUPPE A

FALL NR	ZUSTAND 1	ZUSTAND 2	ZUSTAND 3-5	DEZELERATION + REAKTIVE FHF ÄNDERUNG	GESTÖRTE REGISTRIERUNG	GESAMTE SCHLAFDAUER	ZUSTAND 1 INNERHALB DER GESAMTEN SCHLAFDAUER
002	117 min (24.3 %)	335 min (69.7 %)	28 min (5.8 %)			452 min (94.1 %)	25.8 %
003	150 min (31.2 %)	330 min (68.7 %)				480 min (100.0 %)	31.2 %
004	103 min (21.4 %)	366 min (76.2 %)			11 min	469 min (97.7 %)	21.9 %
005	167 min (34.7 %)	313 min (65.2 %)				480 min (100.0 %)	34.7 %
006	175 min (36.4 %)	302 min (62.9 %)			3 min	477 min (99.3 %)	36.6 %
007	109 min (22.7 %)	366 min (76.2 %)			5 min	475 min (98.9 %)	22.9 %
008	129 min (26.8 %)	351 min (73.1 %)				480 min (100.0 %)	26.8 %
011	98 min (20.4 %)	325 min (67.7 %)	25 min (5.2 %)	32 min (6.6 %)		423 min (88.1 %)	23.1 %
013	112 min (23.3 %)	368 min (76.6 %)				480 min (100.0 %)	23.3 %
017	76 min (15.8 %)	396 min (82.5 %)	8 min (1.6 %)			472 min (98.3 %)	16.1 %
INSGESAMT	1236 min (25.7 %)	3452 min (71.9 %)	61 min (1.2 %)	32 min (0.6 %)	19 min	4688 min (97.6 %)	26.3 %

gesamten Registrierdauer auf. Insgesamt beträgt die Schlafdauer des Feten etwas mehr als 95 %. Davon entfällt ungefähr ein Viertel auf Zustand 1.

b. Feten Gruppe B

Tabelle 6 faßt die Dauer der Verhaltenszustände für die Feten der Gruppe B zusammen; ihr Gestationsalter betrug mehr als 42 Wochen. Der errechnete Geburtstermin war zum Zeitpunkt der Registrierung demnach um mindestens 7 Tage überschritten.

Innerhalb dieser Gruppe ist auffällig, daß die Dauer von Zustand 1 (22.6 %) der der Gruppe A entspricht, während die Dauer von Zustand 2 (53.4 %) abnimmt, dafür jedoch Zustand 3 - 5 mit 21.5 % häufiger auftritt als in der Vergleichsgruppe. Der Wert für die Gesamtschlafdauer der übertragenen Feten liegt somit nur bei 76.1 %.

Tabelle 6 VERTEILUNG DER VERHALTENSZUSTÄNDE WÄHREND 6-STÜNDIGER REGISTRIERUNG FETEN GRUPPE B

FALL NR	ZUSTAND 1	ZUSTAND 2	ZUSTAND 3-5	DEZELERATION + REAKTIVE FHF ÄNDERUNG	GESAMTE SCHLAFDAUER	ZUSTAND 1 INNERHALB DER GESAMTEN SCHLAFDAUER
001	92 min (19.1 %)	234 min (48.7 %)	154 min (32.0 %)		326 min (67.9 %)	28.2 %
009	116 min (24.1 %)	261 min (54.3 %)	103 min (21.4 %)		377 min (78.5 %)	30.7 %
010	109 min (22.7 %)	218 min (45.4 %)	153 min (31.8 %)		327 min (68.1 %)	33.3 %
012	150 min (31.2 %)	294 min (61.2 %)		36 min (7.5 %)	444 min (95.5 %)	33.7 %
016	104 min (21.6 %)	347 min (72.2 %)		29 min (6.0 %)	451 min (93.9 %)	23.0 %
018	82 min (17.0 %)	186 min (38.7 %)	212 min (44.1 %)		268 min (55.8 %)	30.5 %
INSGESAMT	653 min (22.6 %)	1540 min (53.4 %)	622 min (21.5 %)	65 min (2.2 %)	2193 min (76.1 %)	29.7 %

Der prozentuale Anteil von Zustand 1 (29.7 %) innerhalb dieser Gesamtschlafdauer ist von dem der Gruppe A (26.3 %) dagegen nicht signifikant verschieden (Mann-Whitney Test, chi^2, Kolmogorov-Smirnov).

3. Dauer der Schlafzyklen und das Verhältnis von Zustand 1 und Zustand 2 innerhalb des Schlafzyklus

Da die Dauer der Schlafzyklen für Feten der Gruppe A und Feten der Gruppe B nicht signifikant verschieden ist, enthält Tabelle 7 64 ausgewertete Schlafzyklen sämtlicher Feten. Die Registrierungen ergeben für die Dauer eines fetalen Schlafzyklus einen Mittelwert von 76.6 min $\pm$ 21.7. Davon entfallen auf Zustand 1 etwa 25 % und auf Zustand 2 etwa 75 %.

4. Motorische Aktivität

Vergleicht man die Anzahl der fetalen Bewegungen innerhalb der Gruppen A und B, ist auffällig, daß die Feten

Tabelle 7 DAUER DER SCHLAFZYKLEN, ABSOLUTE UND RELATIVE DAUER VON ZUSTAND 1 UND ZUSTAND 2 INNERHALB DES SCHLAFZYKLUS

FETEN

FALL NR	ANZAHL AUSGEWERTETER SCHLAFZYKLEN	MINIMALE DAUER DER SCHLAFZYKLEN	MAXIMALE DAUER DER SCHLAFZYKLEN	MITTLERE DAUER DER SCHLAFZYKLEN	MINIMALE DAUER VON ZUSTAND 1	MAXIMALE DAUER VON ZUSTAND 1	MITTLERE DAUER VON ZUSTAND 1 (% DES ZYKLUS)	MINIMALE DAUER VON ZUSTAND 2	MAXIMALE DAUER VON ZUSTAND 2	MITTLERE DAUER VON ZUSTAND 2 (% DES ZYKLUS)
001	3	65 min	96 min	78.0 min	14 min	24 min	20.0 min (27.2 %)	41 min	82 min	58.0 min (72.7 %)
002	4	54 min	130 min	82.7 min	9 min	33 min	18.0 min (23.6 %)	45 min	119 min	64.7 min (64.7 %)
003	7	25 min	83 min	60.5 min	8 min	33 min	16.7 min (28.1 %)	15 min	68 min	43.8 min (71.8 %)
004	4	62 min	126 min	85.0 min	18 min	25 min	20.7 min (25.8 %)	44 min	104 min	64.2 min (74.2 %)
005	7	56 min	79 min	66.1 min	16 min	33 min	21.8 min (32.9 %)	32 min	60 min	44.2 min (66.9 %)
006	5	51 min	90 min	64.0 min	19 min	32 min	22.0 min (35.5 %)	29 min	70 min	42.0 min (64.4 %)
007	4	50 min	83 min	69.7 min	15 min	24 min	18.7 min (28.0 %)	30 min	68 min	51.0 min (71.9 %)
008	4	86 min	134 min	105.0 min	23 min	37 min	28.5 min (27.8 %)	56 min	104 min	76.5 min (72.1 %)
009	2	59 min	82 min	70.5 min	22 min	33 min	27.5 min (38.7 %)	37 min	49 min	43.0 min (61.2 %)
010	3	77 min	109 min	94.3 min	22 min	27 min	25.0 min (27.0 %)	51 min	82 min	69.3 min (72.9 %)
011	4	82 min	113 min	93.0 min	21 min	27 min	23.6 min (26.3 %)	55 min	92 min	69.3 min (73.7 %)
012	3	69 min	82 min	76.0 min	14 min	20 min	17.3 min (22.7 %)	55 min	64 min	58.6 min (77.2 %)
013	3	87 min	121 min	103.3 min	19 min	30 min	24.6 min (22.3 %)	68 min	96 min	85.6 min (77.7 %)
016	4	52 min	84 min	61.7 min	8 min	26 min	18.2 min (29.4 %)	30 min	58 min	43.5 min (70.2 %)
017	5	64 min	106 min	79.2 min	11 min	20 min	15.2 min (19.2 %)	53 min	86 min	64.0 min (80.6 %)
018	2	67 min	71 min	69.0 min	11 min	19 min	15.0 min (21.5 %)	52 min	56 min	54.0 min (78.3 %)
	INSGESAMT 64			GEWICHTETER MITTELWERT 76.6 min SD:21.7			GEWICHTETER MITTELWERT 20.4 min (26.6 %) SD:7.0			GEWICHTETER MITTELWERT 56.6 min (73.7 %) SD:20.3

der Gruppe B (Tabelle 9) weitaus mehr motorische Aktivität entwickeln als die der Gruppe A (Tabelle 8). Der Quotient aus gezählten Bewegungen und ausgewerteter Zeit ergibt ein Verhältnis von 2 : 1, d.h. die übertragenen Feten weisen doppelt soviel Bewegungen auf wie die Feten vor oder am errechneten Geburtstermin. Einerseits ist die Vielzahl der Bewegungen bei den Feten der Gruppe B darauf zurückzuführen, daß sie sich häufiger im Zustand 3 - 5 befinden, der durch eine Häufung von Kindsbewegungen charakterisiert ist. Andererseits zeigen Tabellen 10 und 11, daß besonders im Zustand 1 bei den übertragenen Feten Bewegungen etwa sechsmal häufiger vorkommen als bei den Feten der Gruppe A. Aber auch im Zustand 2 ist innerhalb der Gruppe B die motorische Aktivität doppelt so groß wie in der Vergleichsgruppe.

Tabelle 8 DAUER DER VERHALTENSZUSTÄNDE UND MOTORISCHE AKTIVITÄT(ANZAHL DER BEWEGUNGEN) WÄHREND 8-STÜNDIGER REGISTRIERUNG FETEN GRUPPE A

FALL NR	ZUSTAND 1 DAUER	ZUSTAND 1 BEWEGUNGEN	ZUSTAND 2 DAUER	ZUSTAND 2 BEWEGUNGEN	ZUSTAND 3-5 DAUER	ZUSTAND 3-5 BEWEGUNGEN	DEZELERATION + REAKTIVE FHF ÄNDERUNG DAUER	DEZELERATION + REAKTIVE FHF ÄNDERUNG BEWEGUNGEN	GESAMTE DAUER	SUMME DER BEWEGUNGEN	QUOTIENT BEWEGUNGEN/ DAUER
002	*										
003	150 min	3	330 min	113					480	116	.241
004	103 min	1	366 min	113					469	114	.243
005	167 min	26	313 min	162					480	188	.391
006	175 min	7	302 min	73					477	80	.167
007	109 min	1	366 min	51					475	52	.109
008	129 min	1	351 min	56					480	57	.118
011	*										
013	112 min	2	368 min	72					480	74	.154
017	76 min	0	396 min	180	8 min	21			480	201	.418
INSGESAMT	1021 min	41	2792 min	820	8 min	21			3821	882	.230

* ANZAHL DER BEWEGUNGEN UNZUVERLÄSSIG WEGEN PHASEN MÜTTERLICHEN SCHLAFS

Tabelle 9 DAUER DER VERHALTENSZUSTÄNDE UND MOTORISCHE AKTIVITÄT(ANZAHL DER BEWEGUNGEN) WÄHREND 8-STÜNDIGER REGISTRIERUNG FETEN GRUPPE B

FALL NR	ZUSTAND 1 DAUER	ZUSTAND 1 BEWEGUNGEN	ZUSTAND 2 DAUER	ZUSTAND 2 BEWEGUNGEN	ZUSTAND 3-5 DAUER	ZUSTAND 3-5 BEWEGUNGEN	DEZELERATION + REAKTIVE FHF ÄNDERUNG DAUER	DEZELERATION + REAKTIVE FHF ÄNDERUNG BEWEGUNGEN	GESAMTE DAUER	SUMME DER BEWEGUNGEN	QUOTIENT: BEWEGUNGEN/ DAUER
001	*										
009	116 min	17	261 min	78	103 min	160			480	255	.531
010	109 min	12	218 min	78	153 min	140			480	230	.479
012	150 min	11	294 min	111			36 min	5	480	127	.264
016	104 min	31	347 min	127			29 min	1	480	159	.331
018	82 min	12	186 min	105	212 min	188			480	305	.635
INSGESAMT	561 min	83	1306 min	499	468 min	488	65 min	6	2400	1076	.448

* ANZAHL DER BEWEGUNGEN UNZUVERLÄSSIG WEGEN PHASEN MÜTTERLICHEN SCHLAFS

Tabelle 10 VERHÄLTNIS ZWISCHEN SCHLAFSTADIUM UND MOTORISCHER AKTIVITÄT(ANZAHL DER BEWEGUNGEN) INNERHALB DER SCHLAFZYKLEN FETEN GRUPPE A

FALL NR	ANZAHL AUSGEWERTETER SCHLAFZYKLEN	GESAMTDAUER AUSGEWERTETER SCHLAFZYKLEN	GESAMTZAHL DER BEWEGUNGEN	GESAMTDAUER AUSGEWERTETER ZUSTÄNDE 1	ANZAHL DER BEWEGUNGEN IM ZUSTAND 1	GESAMTDAUER AUSGEWERTETER ZUSTÄNDE 2	ANZAHL DER BEWEGUNGEN IM ZUSTAND 2	QUOTIENT: BEW.IM ZUST.1/ DAUER DES ZUST.1	QUOTIENT: BEW.IM ZUST.2/ DAUER DES ZUST.2
002	*								
003	7	424 min	103	117 min	1	307 min	102	.008	.333
004	4	340 min	85	83 min	1	257 min	84	.012	.326
005	7	463 min	180	153 min	26	310 min	154	.169	.496
006	5	320 min	57	110 min	3	210 min	54	.027	.257
007	4	279 min	34	75 min	1	206 min	33	.013	.160
008	4	420 min	51	114 min	1	306 min	50	.008	.163
011	*								
013	3	331 min	56	74 min	0	257 min	56	.000	.217
017	5	396 min	137	76 min	0	320 min	137	.000	.428
* ANZAHL DER BEWEGUNGEN UNZUVERLÄSSIG WEGEN PHASEN MÜTTERLICHEN SCHLAFS								MITTELWERT .029	MITTELWERT .297

Tabelle 11 VERHÄLTNIS ZWISCHEN SCHLAFSTADIUM UND MOTORISCHER AKTIVITÄT(ANZAHL DER BEWEGUNGEN) INNERHALB DER SCHLAFZYKLEN FETEN GRUPPE B

FALL NR	ANZAHL AUSGEWERTETER SCHLAFZYKLEN	GESAMTDAUER AUSGEWERTETER SCHLAFZYKLEN	GESAMTZAHL DER BEWEGUNGEN	GESAMTDAUER AUSGEWERTETER ZUSTÄNDE 1	ANZAHL DER BEWEGUNGEN IM ZUSTAND 1	GESAMTDAUER AUSGEWERTETER ZUSTÄNDE 2	ANZAHL DER BEWEGUNGEN IM ZUSTAND 2	QUOTIENT: BEW.IM ZUST.1/ DAUER DES ZUST.1	QUOTIENT: BEW.IM ZUST.2/ DAUER DES ZUST.2
001	*								
009	2	141 min	36	55 min	6	86 min	30	.109	.348
010	2	174 min	64	48 min	12	126 min	52	.250	.412
012	3	228 min	81	52 min	6	176 min	75	.115	.426
016	4	247 min	99	72 min	21	174 min	78	.291	.448
018	2	138 min	86	30 min	3	108 min	83	.100	.768
* ANZAHL DER BEWEGUNGEN UNZUVERLÄSSIG WEGEN PHASEN MÜTTERLICHEN SCHLAFS								MITTELWERT .173	MITTELWERT .480

5. Sonderfälle

Eine der fetalen Kurven (008) zeichnet sich in jedem Verhaltenszustand 1 durch eine große, gleichbleibende Amplitude der Makrofluktuation aus, während die Frequenz einen für den Zustand 1 ungewohnt niedrigen Wert annimmt (Abb. 12). In der Dauer unterscheiden sich diese Phasen nicht von denen der übrigen Feten.

Im Vergleich mit der oben beschriebenen Neugeborenenkurve (017), dargestellt in Abb. 3, könnte man dieses Herzfrequenzmuster als Reaktion auf eine periodische Atmung des Feten deuten.

Abb. 13 - 15 zeigen die Herzfrequenzmuster eines hypoxischen Feten (009). In der Übersichtsdarstellung (Abb. 13 oben) fällt zunächst die gesteigerte Motorik besonders auch im sonst bewegungslosen Zustand 1 auf (Abb. 15). Während eines 33minütigen Verhaltensstadiums 1 wird eine extrem niedrige Makrofluktuationsamplitude beobachtet. Es folgt ein 140-minütiger, atypischer Zustand 2, gekennzeichnet durch große Akzelerationen verbunden mit Kindsbewegungen. Zwischen diesen Akzelerationen zeigt die Herzfrequenz wie im Zustand 1 eine niedrige Amplitude. Dieser Phase folgt erneut ein Verhaltenszustand 1, der durch eine sehr lange Dauer (39 min) und ein schon fast silentes Herzfrequenzmuster auffällt.

Die Geburt erfolgte zwei Tage nach dieser Aufzeichnung durch Sectio caesarea aus kindlicher Indikation, da späte Dezelerationen sub partu auftraten. Das Neugeborene war mit einem pH von 7.11 azidotisch.

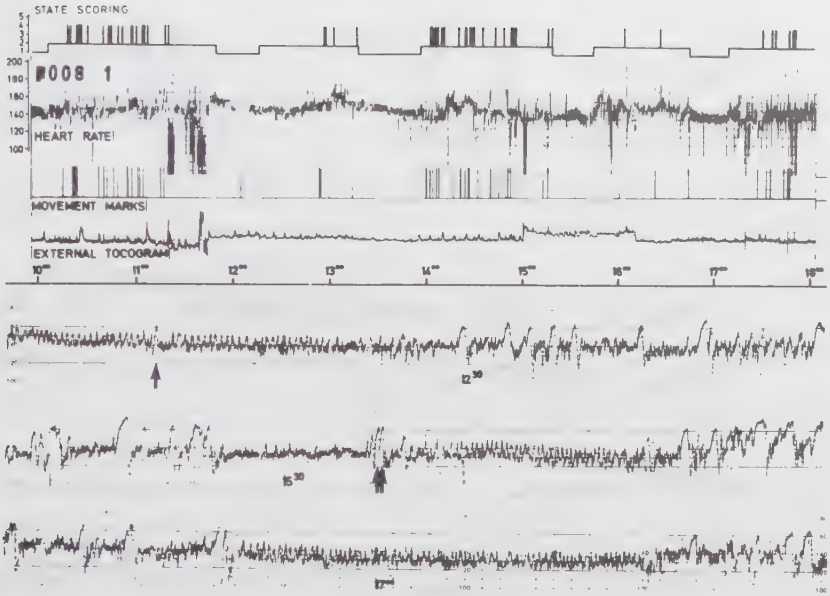

Abb. 12 oben: zeitlich geraffte Darstellung der 8-stündigen Herzfrequenzregistrierung mit gleichzeitiger Markierung sowohl der Verhaltenszustände als auch der fetalen Bewegungen bei einem Feten in der 39. Schwangerschaftswoche

unten: Ausschnitte aus der Originalkurve der Herzfrequenz desselben Feten (3 x 45 min; Papiergeschwindigkeit: 1 cm/min); im Verhaltenszustand 1 zeigt sich ein Herzfrequenzmuster, das eine periodische Atmung beim Feten vermuten läßt.

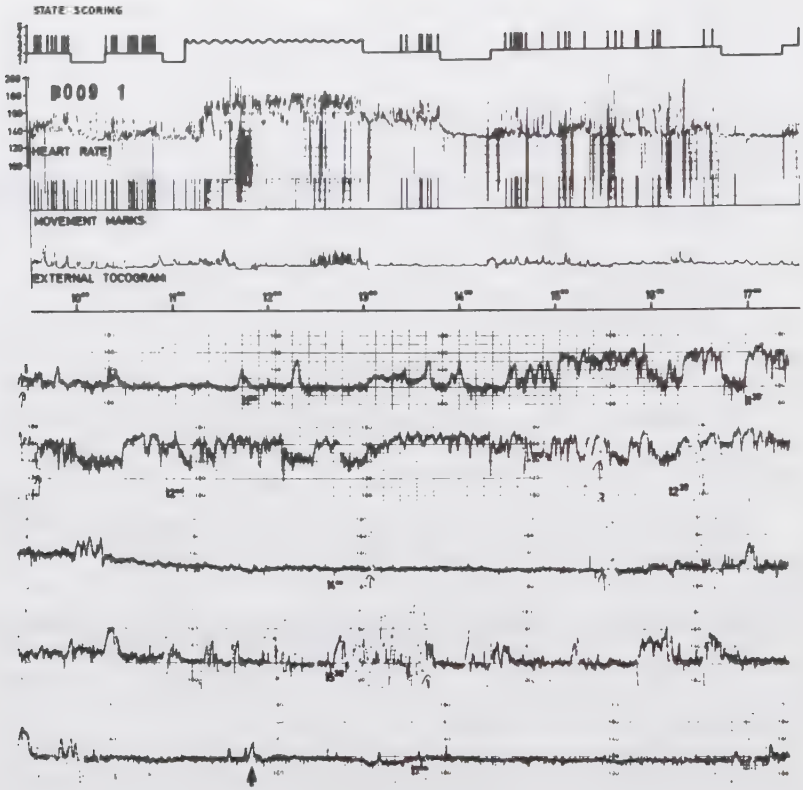

Abb. 13 oben: zeitlich geraffte Darstellung der 8-stündigen Herzfrequenzregistrierung mit gleichzeitiger Markierung sowohl der Verhaltenszustände als auch der fetalen Bewegungen bei einem Feten in der 41. Schwangerschaftswoche

unten: Ausschnitte aus der Originalkurve der Herzfrequenz desselben Feten (5 x 45 min; Papiergeschwindigkeit: 1 cm/min)

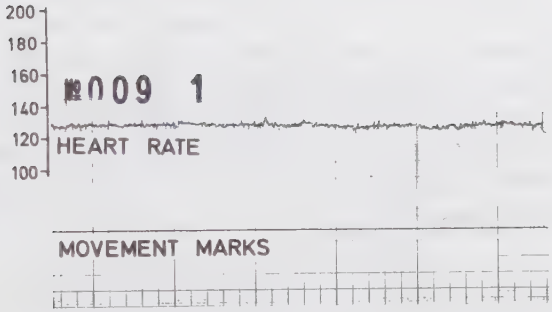

Abb. 14: 10 Minuten-Ausschnitt aus einem Verhaltenszustand 1; dieselbe Kurve wie Abb. 13

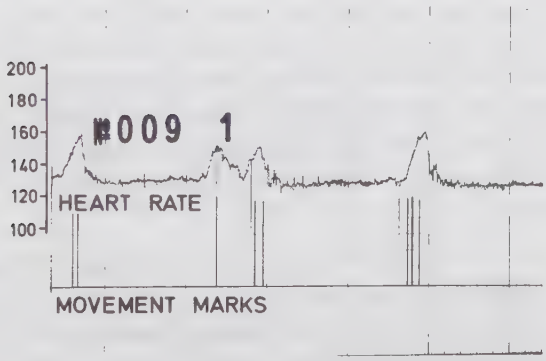

Abb. 15: 10 Minuten-Ausschnitt aus einem atypischen Verhaltenszustand 2; dieselbe Kurve wie Abb. 13 und 14

C. ANENCEPHALIE

Im 8stündigen Kardiotokogramm zweier Anecephalie in der 36. und 23. Schwangerschaftswoche läßt das Herzfrequenzmuster keinen periodischen Wechsel zwischen den Verhaltenszuständen 1 und 2 erkennen (vgl. Abb. 16). Während der gesamten Registrierdauer ist ein Herzfrequenzverlauf zu beobachten, der dem im Verhaltenszustand 2 entspricht. In keinem der beiden CTG's ist ein Herzfrequenzmuster sichtbar, das auf das Vorhandensein eines Verhaltenszustands 1 deutet.

D. COMPUTERANALYSE

Für die Computeranalyse der Herzfrequenzkurven wurden aus jeder fetalen Kurve in der Regel zwei oder drei Schlafzyklen ausgewertet. Die Auswahl der Zyklen erfolgte durch ein Zufallsverfahren. Die Minutenwerte für Amplitude und Frequenz wurden in Form einer Häufigkeitsverteilung dargestellt und zwar getrennt nach Schlafzustand 1 und Schlafzustand 2 für Neugeborene und Feten. Die recht große Streubreite der Histogramme, besonders im Verhaltenszustand 2, erklärt sich aus der Tatsache, daß sämtliche Akzelerationen der ausgewählten Schlafzyklen in die Auswertung eingingen.

Abb. 17 - 22 enthalten eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen Amplitude und Frequenz der Makrofluktuation. Die Amplitude ist im Verhaltenszustand 1 niedriger als im Verhaltenszustand 2. Im Verhaltenszustand 1 liegt der Median bei den Neugeborenen bei 5.2 SPM (Schläge pro Minute), 10 % der Werte (D_1) liegen unter 3.2 SPM und 90 % der Werte (D_9) sind kleiner als 10.7 SPM. Beim Feten nimmt der Median im Zustand 1 einen Wert von 5.5 SPM an, D_1 liegt bei 3.1 SPM

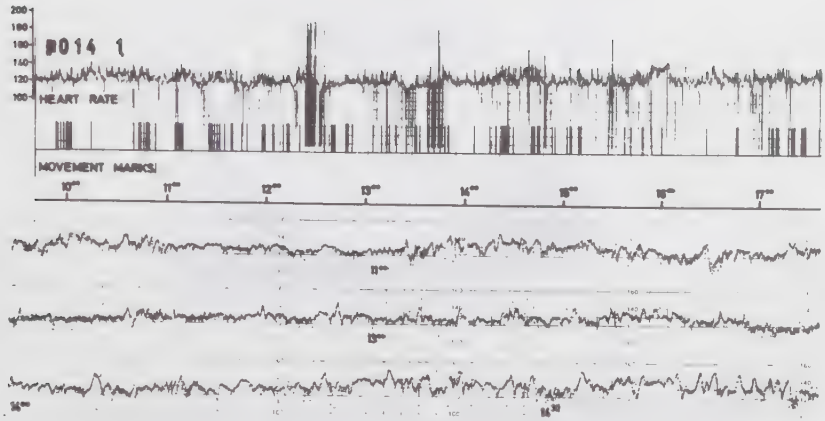

Abb. 16 oben: zeitlich geraffte Darstellung der 8-stündigen Herzfrequenzregistrierung mit gleichzeitiger Markierung der fetalen Bewegungen bei einem Anencephalus in der 36. Schwangerschaftswoche

unten: Ausschnitte aus der Originalkurve der Herzfrequenz desselben Feten (3 x 45 min; Papiergeschwindigkeit: 1 cm/min)

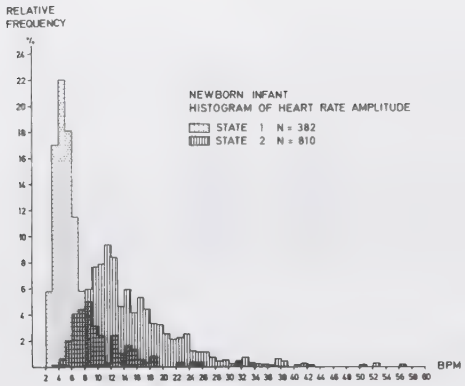

Abb. 17: Verteilung der Amplitude der Makrofluktuation in den Verhaltenszuständen 1 und 2 beim Neugeborenen

x-Achse: Größe der Amplitude, angegeben in Schlägen pro Minute (SPM)
y-Achse: relative Häufigkeit

Verhaltenszustand 1 N = 382

Verhaltenszustand 2 N = 810

Tabelle 12: STATISTIK ZUR ABB. 17

	N	MIN.	MAX.	VARIATIONS-BREITE	D_1	Q_1	MEDIAN	Q_3	D_9
Amplitude Zustand 1	382	2	34	32	3.2	4.1	5.2	7.1	10.7
Amplitude Zustand 2	810	3	57	54	7.7	10.0	12.9	18.0	23.7

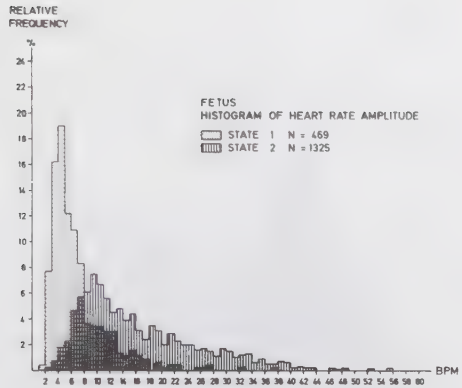

Abb. 18: Verteilung der Amplitude der Makrofluktuation in den Verhaltenszuständen 1 und 2 beim Feten

x-Achse: Größe der Amplitude, angegeben in Schlägen pro Minute (SPM)
y-Achse: relative Häufigkeit

Verhaltenszustand 1 N = 469

Verhaltenszustand 2 N = 1325

Tabelle 13: STATISTIK ZUR ABB. 18

	N	MIN.	MAX.	VARIATIONS-BREITE	D_1	Q_1	MEDIAN	Q_3	D_9
Amplitude Zustand 1	469	1	47	46	3.1	4.0	5.5	9.3	12.6
Amplitude Zustand 2	1325	2	56	54	7.1	9.5	13.5	19.8	30.4

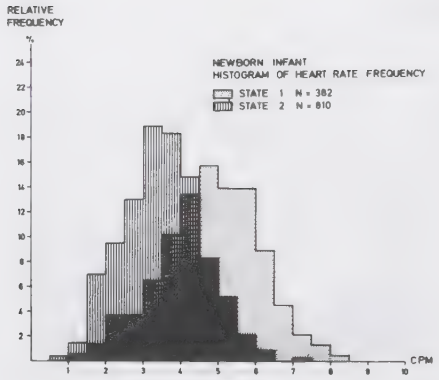

Abb. 19: Verteilung der Frequenz der Makrofluktuation in den Verhaltenszuständen 1 und 2 beim Neugeborenen

x-Achse: Größe der Frequenz, angegeben in Zyklen pro Minute (CPM)
y-Achse: relative Häufigkeit

Verhaltenszustand 1 N = 382

Verhaltenszustand 2 N = 810

Tabelle 15: STATISTIK ZUR ABB. 19

	N	MIN	MAX.	VARIATIONS-BREITE	D_1	Q_1	MEDIAN	Q_3	D_9
Frequenz Zustand 1	382	1	8.5	7.5	3.1	3.9	4.8	5.7	6.4
Frequenz Zustand 2	810	0.5	7.5	7	2.0	2.7	3.4	4.2	4.9

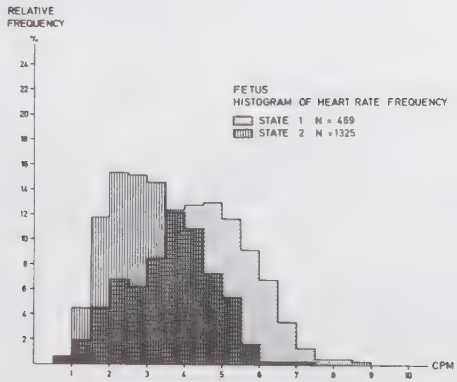

Abb. 20: Verteilung der Frequenz der Makrofluktuation in den Verhaltenszuständen 1 und 2 beim Feten

x-Achse: Größe der Frequenz, angegeben in Zyklen pro Minute (CPM)
y-Achse: relative Häufigkeit

Verhaltenszustand 1 N = 469

Verhaltenszustand 2 N = 1325

Tabelle 16: STATISTIK ZUR ABB. 20

	N	MIN.	MAX.	VARIATIONS-BREITE	D_1	Q_1	MEDIAN	Q_3	D_9
Frequenz Zustand 1	469	0.5	9	8.5	2.2	3.3	4.3	5.3	6.2
Frequenz Zustand 2	1325	0.5	7.5	7	1.7	2.2	3.0	4.0	4.8

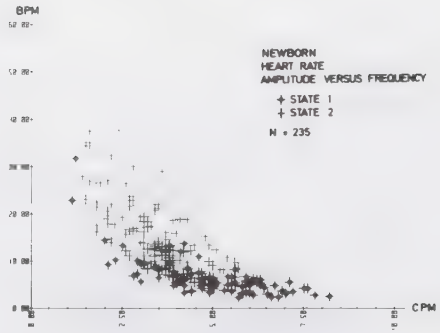

Abb. 21: Darstellung der Amplitude in Abhängigkeit von der Frequenz in den Verhaltenszuständen 1 und 2 beim Neugeborenen

x-Achse: Frequenz angegeben in Zyklen pro Minute (CPM)
y-Achse: Amplitude angegeben in Schlägen pro Minute (SPM)

◆ Verhaltenszustand 1
\+ Verhaltenszustand 2 N = 235

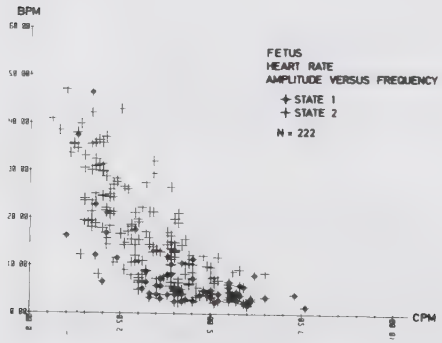

Abb. 22: Darstellung der Amplitude in Abhängigkeit von der Frequenz in den Verhaltenszuständen 1 und 2 beim Feten

x-Achse: Frequenz angegeben in Zyklen pro Minute (CPM)
y-Achse: Amplitude angegeben in Schlägen pro Minute (SPM)

◆ Verhaltenszustand 1
\+ Verhaltenszustand 2 N = 222

und D_9 bei 12.6 SPM. Im Zustand 2 findet sich eine höhere Amplitude (Neugeborene: Median = 12.9, D_1 = 7.7, D_9 = 23.7; Feten: Median = 13.5, D_1 = 7.1, D_9 = 30.4).

Die Frequenz ist dagegen im Zustand 1 sowohl bei den Neugeborenen (Median = 4.8, D_1 = 3.0, D_9 = 6.4) als auch bei den Feten (Median = 4.3, D_1 = 2.2, D_9 = 6.2) leicht höher als im Zustand 2 (Neugeborene: Median = 3.4, D_1 = 2.0, D_9 = 4.9; Feten: Median = 3.0, D_1 = 1.7, D_9 = 4.8).

Die detailliertere Herzfrequenzanalyse dieser Untersuchung ist in einer anderen Arbeit dargestellt (10).

IV. D I S K U S S I O N

Für Neugeborene sind definierte Verhaltenszustände (NREM-Schlaf, REM-Schlaf, Wachsein) aufgrund polygraphischer Ableitungen und direkter Beobachtung mehrfach beschrieben worden (1,4,6,8,15). Dabei zeigte sich, daß die Herzfrequenz in einer direkten Beziehung zum zentralnervösen Aktivitätsniveau steht.

Da die Herzfrequenz eine große Bedeutung für die Beurteilung des fetalen Wohlbefindens hat, erschien es sinnvoll zu untersuchen, welchen zentralnervösen Regulationen die fetale Herzfrequenz unterliegt. Auf der Grundlage eines Vergleichs zwischen Herzfrequenzmustern reifer Feten und Herzfrequenzmustern Neugeborener konnte von diesen auf fetale Verhaltenszustände zurückgeschlossen werden.

Zur Beschreibung dieser Verhaltenszustände wurde die von PRECHTL angegebene Nomenklatur für die Einteilung der Verhaltenszustände beim Neugeborenen übernommen. Die Zuordnung der Zustände beruht hierbei auf direkter, visueller Beobachtung, die beim Feten verständlicherweise nicht möglich ist. Die Darstellung fetaler Verhaltenszustände kann folglich keine detaillierten Aussagen über die einzelnen physiologischen Parameter wie Atmung und Augenbewegungen beim Feten machen, wie sie beim Neugeborenen laut Definition innerhalb der Verhaltenszustände zu berücksichtigen sind. Dennoch erschien es zulässig, PRECHTLs Terminologie auch für die Feten beizubehalten, da dasselbe Herzfrequenzmuster bei reifen Feten und Neugeborenen bei beiden identische zentralnervöse Vorgänge vermuten läßt.

Die beschriebenen Ergebnisse beziehen sich nur auf Daten, die während mütterlicher Ruhe erhalten wurden. Die Vertei-

lung der fetalen Verhaltenszustände mag beim normalen Tagesablauf der Mutter anders aussehen.

Ebenso wird durch das nächtliche Füttern und Wickeln der Neugeborenen deren Gesamtschlafdauer vermindert. Außerdem waren die Umgebungsbedingungen der Neugeborenen mit einer relativen Feuchtigkeit von 55 % und einer Temperatur von 32°C im Inkubator nicht optimal. HÜTT (8) gibt zum Erreichen der maximalen Dauer von Zustand 1 eine relative Feuchte von 50 % und eine Temperatur von 30°C an. STERN (29) weist allerdings darauf hin, daß trotz Manipulationen am Neugeborenen die Dauer der Schlafzyklen erstaunlicherweise sehr konstant bleibt. Das erklärt, warum unsere Ergebnisse trotz unzulänglicher Umgebungsbedingungen während der Untersuchung mit denen in der Literatur sehr genau übereinstimmen.

Die Beurteilung der fetalen Motorik beruhte allein auf Angaben der Mutter und war somit trotz kooperativer Patientinnen schwer objektivierbar, obwohl man davon ausgehen kann, daß 87 % der kindlichen Bewegungen von der Mutter gespürt werden (22). Die Aussagen zur Motorik der Neugeborenen sind dagegen zuverlässiger, da diese durch direkte Beobachtungen bestimmt wurde.

Ausgehend von der Annahme, daß gleiche Herzfrequenzmuster von identischen oder zumindest ähnlichen zentralnervösen Vorgängen ausgehen, werden unsere Beobachtungen folgendermaßen interpretiert:

Beim menschlichen Feten am und kurz vor dem errechneten Geburtstermin erfolgt ein regelmäßiger Wechsel zwischen Verhaltenszustand 1, dem NREM-Schlaf beim Neugeborenen entsprechend, und Verhaltenszustand 2, der mit dem REM-Schlaf identisch ist. Auf eine 20minütige Periode des Zustands 1 folgt eine etwa dreimal so lange Phase des Zu-

stands 2 von durchschnittlich 60 Minuten. Ein fetaler Schlafzyklus dauert demnach im Mittel 80 Minuten. Ein mit dem Wachzustand beim Neugeborenen vergleichbares Stadium zeigt sich beim Feten am Termin nur selten. Abhängig vom zentralnervösen Aktivitätsniveau treten charakteristische Herzfrequenzmuster auf, die sich besonders in der Makrofluktuationsamplitude unterscheiden. Während sich im Zustand 1 nur vereinzelt Bewegungen nachweisen lassen, ist die weitaus größere Anzahl mit einem Zustand 2 korreliert. Dies erklärt die Häufung der Akzelerationen im Zustand 2. Neben der Motorik wird die FHF vermutlich auch durch Atembewegungen des Feten beeinflußt. Der als Sonderfall geschilderte Befund eines hochamplitudigen Zustands 1 wäre durch eine Reaktion der Herzfrequenz auf fetale Atembewegungen erklärbar. Um die Überlagerung solcher Faktoren zu berücksichtigen, ist es künftig sicherlich sinnvoll, fetale Atmung gleichzeitig mit der Herzfrequenzkurve zu registrieren.

Beim übertragenen Feten ist auffällig, daß fast regelmäßig ein Zustand 3 - 5 auftritt. Er verbringt 1/5 seiner Zeit (21.5 % der gesamten Registrierdauer) in diesem Zustand ähnlich wie das Neugeborene mit 23 %. Das Vorhandensein von Zustand 3 - 5 geht zu Lasten von Zustand 2, der in der Gruppe B nur noch während 53.4 % der gesamten Zeit erscheint. Die Dauer des Zustands 1 und die der Schlafzyklen bleiben im Vergleich zur Gruppe A (Feten vor und am Termin) konstant.

Auch in ihrer motorischen Aktivität ähneln die übertragenen Feten eher den Neugeborenen als denen der Gruppe A. Die Anzahl der Bewegungen bei den Feten der Gruppe B ist sowohl im Zustand 1 als auch im Zustand 2 nicht signifikant verschieden von der der Neugeborenen (Mann-Whitney, chi^2, Kolmogorov-Smirnov). Vergleicht man dagegen die postmaturen Feten mit denen am Termin, so fällt auf, daß sie in

beiden Verhaltenszuständen hinsichtlich ihrer Motorik verschieden sind (Mann-Whitney).

Das Vorhandensein von NREM-Schlaf wird als hohe zentralnervöse Leistung angesehen. Dies erfordert komplexe Feedback-Mechanismen, um regelmäßige Atmung und regelmäßige Herzfrequenz aufrecht zu erhalten und Augenbewegungen zu unterdrücken. NREM-Schlaf scheint von hohen zerebralen Zentren einschließlich des Cortex getriggert zu werden (29) und ist einer der störanfälligsten Mechanismen beim Neugeborenen (28). Das Auftreten oder Fehlen von 'ruhigem' Schlaf kann demnach als wesentlicher Parameter der Hirnentwicklung gelten. SCHULMAN (26) und SCHULTE (28) weisen darauf hin, daß Kinder mit zentralnervösen Schäden nicht in der Lage sind, einen NREM-Schlaf zu entwickeln oder zumindest ein gestörtes Schlafverhalten zeigen.

Aus oben Gesagtem läßt sich folgern, daß ein periodisches Vorkommen von Herzfrequenzmustern eines Verhaltenszustandes 1 im Kardiotokogramm als ein Zeichen für die Reife des fetalen Gehirns gewertet werden kann.

Demgemäß sieht unsere Interpretation der Befunde bei der Registrierung zweier Anencephalie wie folgt aus:

Das völlige Fehlen des Verhaltenszustands 1 ist darauf zurückzuführen, daß höhere Zentren des ZNS entweder nicht ausgebildet oder aber schwer geschädigt sind.

Diese Hypothese scheint für den Anencephalus in der 36. Schwangerschaftswoche zuzutreffen, da WHEELER (31) das Auftreten fetaler Ruheperioden bereits von der 34. Woche an beobachtet hat. Dem widerspricht die Beobachtung von THEORELL (30), der bei einem Neugeborenen mit massiver Hemisphärennekrose einen Wechsel zwischen REM- und NREM-Schlaf nachweisen konnte. Bei dem Anencephalus in der 23. Schwangerschaftswoche kann das Fehlen des Zustands 1 auch auf die Unreife zurückzuführen sein.

Unsere Beobachtungen haben weiterhin ergeben, daß beim unbeeinflußten Feten am Termin die Motorik vom Schlafzustand abhängig ist. Bewegungen werden im allgemeinen als Zeichen fetalen Wohlbefindens gewertet (18,23), während das Fehlen derselben als 'movement alarm signal' (24) für eine chronische fetale Notsituation spricht. Wir sind mit oben genannten Autoren der Meinung, daß fetale Motorik ein Parameter für das Wohlergehen des Feten ist, machen jedoch die Einschränkung, daß diese Motorik physiologischerweise nur im Verhaltenszustand 2 und - falls vorhanden - im Zustand 3 - 5 auftritt.

Die Gruppe der übertragenen Feten fällt neben wiederholtem Auftreten von Zustand 3 - 5 auch durch eine Häufung der Bewegungen sowohl im Zustand 2 als auch im Zustand 1 auf. Eine denkbare Erklärung dieses Phänomens ist eine vermehrte Motorik aufgrund akuter fetaler Hypoxie, verursacht durch eine respiratorische Insuffizienz der Plazenta. SADOVSKY (25) beschreibt nämlich einen Anstieg der Motorik im Zusammenhang mit akuter fetaler Hypoxie, während eine chronische Asphyxie mit einer Reduktion der Bewegungen einhergeht. An anderer Stelle berichtet derselbe Autor (25) über eine verminderte Motorik bei überreifen Feten, eine Beobachtung, die durch vorliegende Arbeit nicht bestätigt werden kann.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, die Beobachtungen beim überreifen Feten im Rahmen der zentralnervösen Entwicklung zu deuten: Der postmature Fet zeigt bereits denselben Rhythmus im Wechsel des zerebralen Aktivitätsniveaus wie das Neugeborene. Ein mit dem Wachsein vergleichbares Verhaltensstadium in utero wäre erklärbar durch die fortschreitende Reife des Gehirns beim übertragenen Feten.

Unsere Untersuchungen können eine klinische Anwendung finden, indem man bei der Interpretation des antepartalen CTGs das Schlafstadium berücksichtigt. Bei der Beurteilung der fetalen Motorik ist es wichtig zu wissen, daß man während Phasen fetalen NREM-Schlafs keine Bewegungen zu erwarten hat. Um physiologische fetale Herzfrequenzmuster im Zustand 1 gegen das silente Muster bei fetaler Hypoxie abgrenzen zu können, sollte man stets einen Wechsel zum Zustand 2 abwarten, bzw. einen ganzen Schlafzyklus aufzeichnen.

Aus diesem Grunde sollten antepartale Kardiotokogramme in Zukunft mindestens über einen Zeitraum von einer Stunde registriert werden.

V. Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Analyse 8stündiger Herzfrequenzregistrierungen bei 16 Feten in der Spätschwangerschaft läßt einen zyklischen Wechsel zwischen bestimmten Herzfrequenzmustern erkennen. Der Vergleich mit Polygrammen Neugeborener ermöglicht eine Aufteilung der fetalen Kurven in Verhaltenszustände. Es werden Schlafzyklen bestimmt, bestehend aus einer NREM-Phase (Verhaltenszustand 1) und einer REM-Phase (Verhaltenszustand 2).

Die Dauer eines fetalen Schlafzyklus beträgt etwa 80 Minuten, von denen 20 Minuten auf den NREM-Schlaf und 60 Minuten auf den REM-Schlaf entfallen. Ein dem Wachsein vergleichbarer Zustand (3 - 5) ist nur bei übertragenen Feten zu beobachten, die dafür weniger REM-Schlaf aufweisen. Der Schlafzustand 2 ist gekennzeichnet durch vermehrte Bewegungen, während der Fet im Zustand 1 keine motorische Aktivität entwickelt. Der Zustand 3 - 5, ein Charakteristikum des übertragenen Feten, fällt durch eine Häufung von Bewegungen auf.

In den Herzfrequenzkurven zweier Anencephalie fehlt der periodische Wechsel zwischen den Verhaltenszuständen.

Herrn Professor Dr.med. K.-H. Wulf danke ich für die Arbeitsmöglichkeit in seiner Klinik sowie die Übernahme des Korreferates ganz herzlich.

Bei Herrn Professor Dr.med. H.D. Junge möchte ich mich ebenso herzlich für die Überlassung des Dissertationsthemas sowie für die freundliche Unterstützung bei der Fertigstellung dieser Arbeit bedanken.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. BERNUTH, von H., G. JANSSEN:
Behavioural Changes In Fototherapy.
Neuropädiatrie, 5, 1974, 369

2. DALTON, K.J., G.S. DAWES, J.E. PATRICK:
Diurnal, respiratory, and other rhythms
of fetal heart rate in lambs.
Am. J. Obst. Gynec. 127, 1977, 414

3. FISCHER, W.M.:
Kardiotokographie.
Thieme Verlag Stuttgart 1973

4. GOLDIE, L., U. SVEDSEN-RHODES, J. EASTON, N.R.C. ROBERTON:
The development of Innate Sleep Rhythms
in Short Gestation Infants.
Develop. Med. Child. Neurolog. 13, 1971, 40

5. GOODLIN, R.C., W. SCHMIDT:
Human Fetal Arousal Levels as Indicated
by Heart Rate Recordings.
Am. J. Obst. Gynecol. 114, 1972, 613

6. DeHAAN, R., J. PATRICK, G.F. CHESS, N.T. JACO:
Definition of Sleep State in the Newborn
Infant by Heart Rate Analysis.
Am. J. Obst. Gynecol. 127, 1977, 753

7. HAMMACHER, K.:
The clinical significance of cardiotokography. In: HUNTINGFORD, P.J., HÜTER, K.S., SALING, E. (Ed.)
Perinatal Medicine, Thieme, Stuttgart 1969

8. HÜTT, S.J., H.G. LENARD, H.F. PRECHTL:
Psychophysiological Studies in Newborn Infants.
Advances in Child Development and Behavior Vol. 4, p. 128, Academic Press, New York 1969

9. JOST, R.G., E.J. QUILLAN, S. YEH, G.G. ANDERSON:
Intrauterine Electroencephalogram of the Sheep Fetus.
Am. J. Obst. Gynec. 114, 1972, 535

10. JUNGE, H.D.: Behavioural states and state related heart rate and motor activity patterns in the newborn infant and the fetus ante partum.
A comparative study,
II Computer analysis of state related heart rate baseline and makrofluctuation patterns.
Journal of Perinatal Medicine, im Druck

11. LEE, C.Y., P.C. di LORETO, B. LOGRAND:
Fetal Activity Acceleration Determination for the Evaluation of Fetal Reserve.
Obst. Gynecol. 48, 1976, 19

12. LEE, C.Y., P.C. di LORETO, J.M. O'LANE:
A Study of Fetal Heart Rate Acceleration Patterns.
Obst. Gynecol. 45, 1975, 142

13. MARTIUS, G., H. EWERBECK, R. KAISER, W. KUHN, K.-H. WULF:
Lehrbuch der Geburtshilfe.
Thieme Verlag Stuttgart 1977

14. MANN, L.I., S. DUCHIN, R.R. WEISS:
Fetal EEG Sleep Stages and Physiologic Variability.
Am. J. Obst. Gynecol. 119, 1974, 533

15. PARMELEE, A.H., Y. AKIYAMA, E. STERN, M. HARRIS:
A Periodic Cerebral Rhythm in Newborn Infants.
Experimental Neurology 25, 1969, 575

16. PARMELEE, A.H.:
Sleep States in the Premature Infant.
Develop. med. Child Neurol. 9, 1967, 70

17. PARMELEE, A.H., E. STERN, M.A. HARRIS:
Maturation of Respiration in Prematures and young Infants.
Neuropädiatrie 3, 1977, 294

18. PEARSON, J.F., J.B. WEAVER:
Fetal Activity and Fetal Wellbeing.
An Evaluation.
Brit. Med. J. 1, 1976, 1305

19. ROCHARD, F., B.S. SCHIFRIN, F. GOUPIL, H. LEGRAND:
Nonstressed Fetal Heart Rate Monitoring in the Antepartum Period.
Am. J. Obst. Gynecol. 126, 1976, 699

20. RUCKEBUSCH, Y.:
Development of Sleep and Wakefulsness in the Foetal Lamb.
Electroenc. clin. Neurophysiol. 32, 1972, 119

21. RÜTTGERS, H.:
In FISCHER: Kardiotokographie.
Thieme Verlag Stuttgart 1973

22. SADOVSKY, E., Y. MAHLER, W.Z. POLISHUK, A. MAHLER:
Correlation between Electromagnetic Recording and Maternal Assessment of Fetal Movement.
Lancet 1, 1973, 1141

23. SADOVSKY, E., H. YAFFE, W.Z. POLISHUK:
Fetal Movements in Pregnancy and Urinary Estriol in Prediction of Impending Fetal Death in Utero.
Israel J. Med. Sci. 10, 1974, 1096

24. SADOVSKY, E., H. YAFFE:
Daily movement recording and prognosis.
Obst. Gynecol. 41, 1973, 845

25. SADOVSKY, E., W.Z. POLISHUK:
Fetal Movements in Utero.
Obst. Gynecol. 50, 1977, 49

26. SCHULMAN, C.A.:
Alterations of the Sleep Cycle in Heroin-Addicted and Suspect Newborns.
Neuropädiatrie 1, 1969, 89

27. SCHULTE, F.J., U. LASSON, U. PARL, R. NOLTE, U. JÜRGENS:
Brain and Behavioural Maturation in Newborn Infants of Diabetic Mothers.
II. Sleep cycles.
Neuropäd. 1, 1969, 36

28. SCHULTE, F.J., G. HINZE, G. SCHREMPF:
Maternal Toxemia, Fetal Malnutration and Bioelectric Brain Activity in the Newborn.
Neuropädiatrie 2, 1971, 439

29. STERN, E., A.H. PARMELEE, Y. AKIYAMA, M.A. SCHULZ, W.H. WENNER:
Sleep Cycle Characteristics in Infants.
Pediatrics 43, 1969

30. THEORELL, K.:
Clinical Value of Prolonged Polygraphic Recordings in High-Risk Newborn Infants.
Neuropäd. 5, 1974, 383

31. WHEELER, T., P. GUERARD:
Patterns of fetal heart rate during normal pregnancy.
Brit. J. Obst. & Gynecol. 85, 1978, 18

L e b e n s l a u f

Am 24.10.1954 wurde ich als Tochter des Bergmanns Otto Wollny und seiner Ehefrau Luise, geb. Knappstein, in Elspe, NRW, geboren. Ich habe 2 Geschwister.

Ostern 1961 wurde ich in die kath. Volksschule in Elspe, NRW, eingeschult. Nach 4-jährigem Besuch wechselte ich auf das Neusprachliche Mädchengymnasium "St. Ursula" in Attendorn, NRW. An derselben Schule legte ich am 14.5.1973 die Reifeprüfung ab.

Im Wintersemester 1973/74 studierte ich Biologie an der Universität in Würzburg. Das Medizinstudium begann ich an derselben Universität im Sommersemester 1974. Dort bestand ich im Frühjahr 1976 die Ärztliche Vorprüfung, im Frühjahr 1977 den Ersten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, im Frühjahr 1979 den Zweiten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, im April 1980 den schriftlichen Teil des Dritten Abschnitts der Ärztlichen Prüfung und am 6. Mai den mündlichen Teil des Dritten Abschnitts der Ärztlichen Prüfung.

Würzburg, den 12. Mai 1980

Rita Wollny